

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ У БУДІВНИЦТВІ

за редакцією В. М. Охріменка

Рекомендовано

*Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
як навчальний посібник для студентів напряму підготовки
«Будівництво» вищих навчальних закладів*

Харків
ХНАМГ
2012

УДК [621.311:69](075.8)
ББК 31.2я73-6+38я73-6
Е50

Автори:

Анатолій Єгорович Ачкасов, доктор економічних наук, професор;
Володимир Андрійович Лушкін, доктор економічних наук, професор,
заслужений енергетик України та СНД, академік Міжнародної
інженерної академії, Академії Інженерних наук України;
Вячеслав Миколайович Охріменко, кандидат технічних наук, доцент;
Анатолій Іванович Кузнєцов, кандидат технічних наук, доцент;
Тетяна Борисівна Воронкова, старший викладач.

Рецензенти:

Ю. Г. Куцан, доктор технічних наук, академік АТН України;
А. В. Праховник, доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки
України, директор інституту енергозбереження та енергоменеджменту НТУ України "КПІ";
О. І. Яковлев, доктор технічних наук, професор, професор кафедри енергоустановок
космічних літальних апаратів Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського
(ХАІ), заслужений винахідник України, академік АНВО України.

Рекомендовано

Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
як навчальний посібник для студентів напряму підготовки
«Будівництво» вищих навчальних закладів
(лист № 9/11-9725 від 18.10. 2011р.)

Е50 Електропостачання у будівництві: навч. посіб. / А. Є. Ачкасов,
В. А. Лушкін, В. М. Охріменко та ін.; за ред. В. М. Охріменка;
Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2012. – 159 с.

ISBN 978-966-695-231-1

Навчальний посібник написаний відповідно до програми підготовки бакалаврів спеціальності "Міське будівництво і господарство". Викладено теми курсу і завдання з прикладами розв'язання. Наведено загальну характеристику систем електропостачання і відомості про електроприймачів будинків і будівель. Розглянуто побудову мереж живлення і розподілу електричної енергії, питання з розрахунку елементів електричних мереж, вибору апаратів захисту. Описано їх конструктивне виконання і питання електробезпеки.

Призначений для студентів будівельних спеціальностей, викладачів та інших читачів, які цікавляться питаннями сучасного електропостачання будівель і споруд.

УДК [621.311:69](075.8)
ББК 31.2я73-6+38я73-6

© А. Є. Ачкасов, В. А. Лушкін, В. М. Охріменко,
А. І. Кузнєцов, Т. Б. Воронкова, 2012
© ХНАМГ, 2012

ISBN 978-966-695-231-1

ЗМІСТ

Передмова	5
Тема 1. Загальна характеристика систем електропостачання	7
1.1. Основні поняття і визначення	7
1.2. Структура електричних мереж у містах	10
1.3. Види електричних мереж і їх напруги	12
Контрольні запитання і завдання	14
Тема 2. Електроприймачі будинків і будівель	14
2.1. Категорії електроприймачів	14
2.2. Загальна характеристики електроприймачів	16
2.3. Технічні характеристики електроприймачів.....	20
2.4. Режими роботи електроприймачів.....	21
2.5. Електричне освітлення.....	23
Контрольні запитання і завдання	30
Тема 3. Електричні навантаження	31
3.1. Розрахункові навантаження та методи їхнього визначення.....	31
3.2. Навантаження житлових будинків.....	36
3.3. Розрахунок навантаження громадських будинків та споруд.....	43
Контрольні запитання і завдання	49
Тема 4. Побудова систем електропостачання міст	50
4.1. Загальні вимоги до системи електропостачання	50
4.2. Електропостачальні мережі у містах.....	52
4.3. Живлячі мережі 10(6) кВ.....	54
4.4. Розподільні мережі 10(6) кВ	55
4.5. Розподільні мережі 0,4 кВ	58
Контрольні запитання і завдання	60
Тема 5. Розподіл електричної енергії в житлових будинках	61
5.1. Внутрішні розподільні мережі в будинках	61
5.2. Ввідно-розподільні пристрої	65
5.3. Живлячі лінії усередині будинку	66
5.4. Групова квартирна мережа	68
Контрольні запитання і завдання	70
Тема 6. Розподіл електричної енергії в будівлях громадського призначення	71
6.1. Особливості електропостачання об'єктів громадського призначення	71
6.2. Лінії живлення.....	74
6.3. Силові розподільні мережі.....	75
6.4. Групові лінії освітлення	76
6.5. Приклади схем розподілу електроенергії в громадських будинках	78
6.6. Гарантоване живлення	79
Контрольні запитання і завдання.....	82

Тема 7. Розрахунки електричних мереж.....	83
7.1. Задачі розрахунку електричної мережі	83
7.2. Визначення перетину проводів і кабелів.....	84
7.3. Визначення струмів апаратів захисту.....	86
7.4. Вибір потужності і визначення втрат у трансформаторах підстанцій	88
Контрольні запитання і завдання	89
Тема 8. Захист електричних мереж.....	90
8.1. Види захисту електричної мережі.....	90
8.2. Апарати захисту.....	92
8.3. Вибір і розміщення апаратів захисту.....	98
Контрольні запитання і завдання	102
Тема 9. Конструктивне виконання елементів електричних мереж.....	103
9.1. Розміщення трансформаторних підстанцій	103
9.2. Ввідно-розподільні шафи.....	109
9.3. Розподільні пункти і щитки.....	114
9.4. Улаштування внутрішніх електричних мереж	116
Контрольні запитання і завдання.....	121
Тема 10. Електробезпека.....	122
10.1. Небезпека ураження людини електричним струмом.....	122
10.2. Системи захисного заземлення	124
10.3. Загальні заходи безпеки	128
10.4. Заземлення.....	129
10.5. Захисне відключення і розділові трансформатори.....	131
Контрольні запитання і завдання.....	133
11. Практикум	134
11.1. Задачі.....	134
11.2. Завдання на виконання контрольної роботи.....	142
Список використаних джерел.....	144
Терміни та скорочення.....	146
Предметний покажчик	150
Додатки.....	152

ПЕРЕДМОВА

Одною з характерних ознак сучасного будівництва є розв'язання задач електропостачання будинків і будівель на стадії проектування, в процесі будівництва і в подальшому при їх експлуатації. Постійно розширюється питома вага електротехнічного обладнання в інженерних системах будівель. Система електропостачання стала одним з найважливіших компонентів технічної інфраструктури будь-якої споруди. У торгівельно-розважальних центрах, на стадіонах і спортивних комплексах, де збираються сотні, а іноді і тисячі відвідувачів, особливого значення набувають питання забезпечення їх безперервного електропостачання. Вимкнення електроживлення цих об'єктів, навіть короточасне, здебільшого, є дуже небажаним, а часом і неприпустимим. За цих умов інженер-будівельник повинен розуміти фізику роботи електротехнічного обладнання, критерії його вибору, характеристики, особливості використання, правила безпечної експлуатації.

Навчальним планом спеціальності "Міське будівництво і господарство" передбачено вивчення дисципліни «Електропостачання», яка є логічним продовженням курсу "Електротехніка у будівництві". До програми дисципліни "Електропостачання" входять теми, що традиційно розглядаються у багатьох дисциплінах електротехнічних спеціальностей. Це питання побудови систем електропостачання міст, розподілу електричної енергії в житлових будинках і будівлях громадського призначення, питання розрахунків електричних навантажень, вибору елементів електричних мереж, їх конструктивного виконання, питання електробезпеки. Але література, орієнтована на студентів будівельних спеціальностей, практично відсутня.

Видання цього посібника має на меті сконцентрувати в одному джерелі інформацію з питань проектування і використання систем електропостачання в будівлях житлового і громадського призначення. Зміст книги і методика викладання спрямовані, в першу чергу, на студентів будівельних спеціальностей, а також на інженерно-технічних працівників, які не є фахівцями в галузі електротехніки, але пов'язані із застосуванням і експлуатацією електрообладнання та бажають мати уявлення про основні принципи його роботи. Крім того, більшість розділів книги можуть бути

корисними для студентів технічних спеціальностей навчальних закладів при вивченні дисциплін, до програми яких входять питання з електропостачання.

Практична частина представлена задачами, які ілюструються прикладом розв'язання і містять варіанти вихідних даних для самостійного розв'язання.

Посібник підготовлений авторським колективом у складі:

- доктор економічних наук, професор Ачкасов А. Є.- теми 8, 9, 10;
- доктор економічних наук, професор Лушкін В. А. - теми 1, 4, 8, 10;
- кандидат технічних наук, доцент Охріменко В. М. - теми 2, 3, 5, 6, 9, загальне редагування;
- кандидат технічних наук, доцент Кузнецов А. І. - теми 6, 7;
- старший викладач Воронкова Т. Б. - теми 1, 4, 7, 8, практикум.

Автори висловлюють щире подяку рецензентам, доктору технічних наук, академіку АТН України Ю. Г. Куцану, заслуженому діячу науки і техніки України, доктору технічних наук, професору, директору інституту енергозбереження та енергоменеджменту НТУ України "КПІ" А. В. Праховнику, заслуженому винахіднику України, доктору технічних наук, професору кафедри енергоустановок космічних літальних апаратів Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського (ХАІ), академіку АНВО України О. І. Яковлеву за корисні зауваження і поради щодо змісту та методики викладання матеріалу посібника.

ТЕМА 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1. Основні поняття і визначення

На території міст і у сільській місцевості розташовані різноманітні об'єкти (споживачі), які використовують електричну енергію для реалізації технологічних процесів. Електроспоживачі розміщаються в будівлях і спорудах на території підприємств, будівельних майданчиків, житлових будинків тощо. Основна питома вага в споживанні електричної енергії припадає на міста, на території яких розташовані основні промислові підприємства і проживає більша частина населення країни.

У системі електропостачання об'єктів виділяють наступні групи електроустановок: з виробництва електроенергії - *електричні станції*; з перетворення і розподілу електроенергії – *електричні підстанції*; з транспортування (розподілу) електроенергії – *лінії електропередачі* (ЛЕП), з споживання електроенергії – *приймачі електроенергії*.

Тлумачення понять (категорій) систем електропостачання та електроспоживання наведено у Правилах улаштування електроустановок (ПУЕ) [1.8], державних будівельних нормах (ДБН) [1.1, 1.2], інструкціях і методичних рекомендаціях з проектування, улаштування і експлуатації електроустановок [1.3, 1.7]. Розглянемо деякі з них.

Під **електричною установкою** розуміють сукупність машин, апаратів, ліній і допоміжного обладнання (разом зі спорудами і приміщеннями, в яких вони встановлені), призначених для виробництва, перетворення, трансформації, передачі, розподілу електричної енергії і перетворення її на інший вид енергії.

Електричною станцією (ЕС) називається сукупність обладнання, на якому виробляється електрична енергія. На електричних станціях різноманітні види енергії (топлива, напору води, вітру, атому) перетворюються на електричну енергію. Залежно від виду первинної енергії розрізняють теплові, гідравлічні, повітряні, атомні електростанції.

Електрична (трансформаторна) підстанція (ТП) – електроустановка, призначена для перетворення (підвищення або зниження) напруги в мережі змінного струму і розподілу електроенергії. ТП складається з силових трансформаторів, розподільного пристрою (РП), пристрою автоматичного управління і захисту, а також допоміжних споруд.

Приймачем електричної енергії (електроприймачем) називають апарат, агрегат, механізм призначений для перетворення електричної енергії на інший вид енергії (механічну, теплову, хімічну, світлову, енергію електростатичного чи електромагнітного полів).

За технологічним призначенням приймачі електричної енергії розрізняються залежно від виду енергії, на яку цей приймач перетворює електричну енергію: електродвигуни приводів машин і механізмів, електротермічне обладнання, електрохімічні, пристрої електростатичного і електромагнітного полів, електрофільтри та ін. Електроприймачі характеризуються номінальними параметрами: напругою, струмом, потужністю та ін.

Електроприймач або група електроприймачів, об'єднаних технологічним процесом, розташованих на визначеній території і приєднаних за допомогою електричних мереж до спільного пункту живлення називається **електроспоживачем**.

Сукупність електричних станцій, ЛЕП, підстанцій і приймачів, об'єднаних спільним і безперервним процесом виробництва, перетворення, передачі, розподілу і споживання електроенергії називається **електро-енергетичною системою**.

Частина електроенергетичної системи, яка об'єднує електричне устаткування для передачі і розподілу електроенергії на визначеній території і включає підстанції і розподільні пристрої, з'єднані лініями електропередач, називається **електричною мережею**.

Схему виробництва електричної енергії показано на рис.1.1. Електрична енергія, вироблена генератором електричної станції G, через підвищуючий трансформатор підстанції ТП, потрапляє в магістральні лінії електропередачі енергосистеми. Генерація, залежно від виду електростанції і її потужності, відбувається на напругах 6,3; 10,4 або 20,5 кВ. На підстанції ТП вона підвищується до 110, 330, 500, 750 кВ, що забезпечує зменшення втрат електроенергії під час її передачі на великі відстані (сотні км).

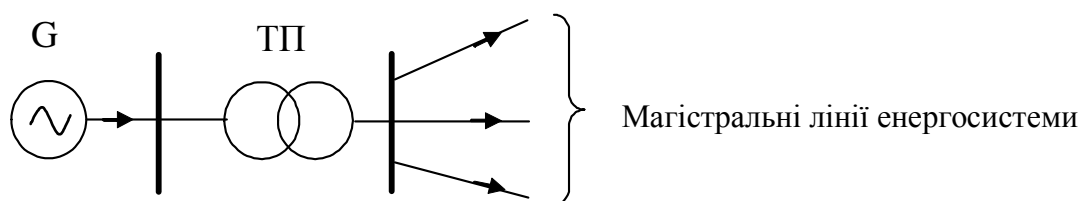


Рис. 1.1 – Схема виробництва електричної енергії

Під **системою електропостачання** розуміється сукупність електричних мереж і трансформаторних підстанцій, розташованих на певній території і призначених для електропостачання споживачів цієї території.

Система електропостачання міста охоплює всіх споживачів міста, включаючи адміністративні, комунально-побутові, промислові, електричний транспорт, житловий сектор.

Малі міста і селища міського типу, розташовані біля великих промислових підприємств, найчастіше одержують електроенергію від системи електропостачання підприємств, а промислові підприємства, що розташовані у великих містах, як правило, отримують електроенергію від системи електропостачання міста. Тому в більшості випадків системи електропостачання міст і промислових підприємств тісно пов'язані й безпосередньо впливають одна на одну.

Система обмежена, з одного боку, джерелами живлення, з другого – вводами електричних мереж до споживачів. Основні показники системи визначаються місцевими умовами: розмірами міста, наявністю джерел живлення, характеристиками споживачів і та ін.

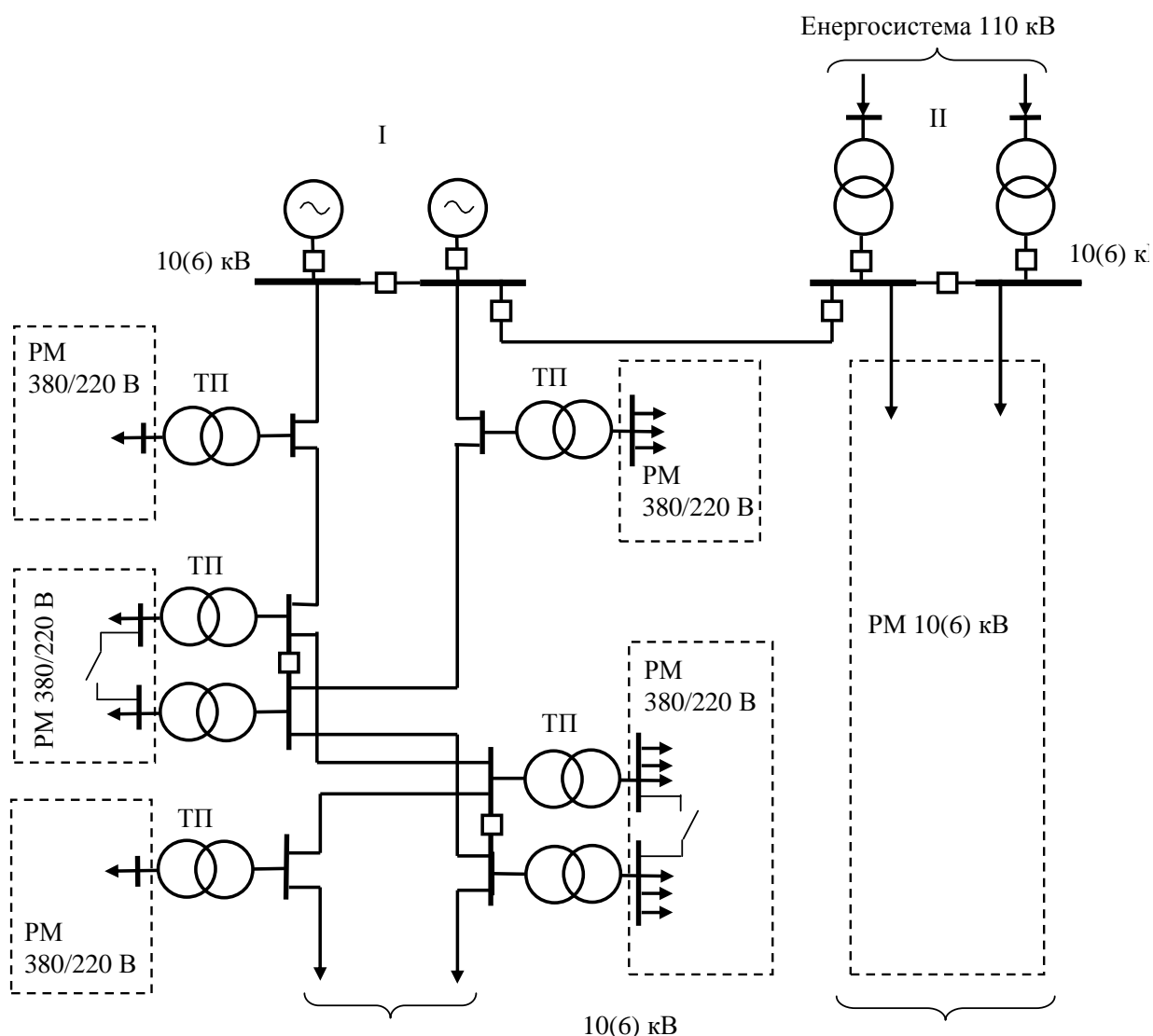


Рис. 1.2 – Фрагмент схеми електропостачання міста

На схемі (рис.1.2) показано фрагмент схеми електропостачання, де джерелами живлення є місцева електростанція I і районна знижувальна підстанція II (рис.1.3), яка отримує електроенергію від енергосистеми. Зазвичай ці джерела використовуються також і для електропостачання промислових підприємств,



Рис. 1.3 – Районна підстанція 110/10 кВ

розташованих на території міста. Живлення електроспоживачів міста забезпечують розподільними мережами (РМ) з напругою 10(6)* кВ і 0,4 кВ. Трансформаторні підстанції (ТП) живлять розподільну мережу загального користування 0,4 кВ (380/220 В), схема будови якої залежить від характеру електроспоживачів.

1.2. Структура електричних мереж у містах

Система електропостачання міських споживачів, особливо на території великих міст, являє собою сукупність багатьох ТП та електричних мереж різних напруг (рис. 1.4). Джерелом живлення цієї системи є місцеві електростанції, понижуючі підстанції з розподільними пристроями, а також власні стаціонарні і пересувні електричні станції.

Загальну систему електропостачання поділяють на дві частини. До першої відносять електричні мережі та знижувальні підстанції 35-110 кВ (зона А на рис. 1.4). Сукупність цих мереж називається **електропостачальними мережами**. Збірні шини 10(6) кВ підстанції є **центрами живлення (ЦЖ)** міських мереж. Електропостачальні мережі виконують функцію розподілу енергії між районами міста.

До другої частини системи електропостачання відносять **мережі живлення 10(6) кВ** та **мережі розподілу 10-0,4 кВ** (зони Б, В, Г, Д на рис. 1.4). Ця частина системи електропостачання призначена для розподілу енергії безпосередньо серед споживачів. Межі цієї частини починаються на збірних шинах 10 (6) кВ центрів живлення і закінчуються на вводі до споживача (підключення до ввідно-розподільного пристрою (ВРП) споживача).

Для великих міст побудову мережі 10(6) кВ виконують за дволанцюговим принципом: мережі живлення 10(6) кВ (зона Б на рис. 1.4), мережі розподілу такої ж напруги (зона В на рис. 1.4).

Цей принцип передбачає спорудження так званих розподільних пунктів. **Розподільним пунктом (РП)** міської електричної мережі називається розподільна мережа, яка починається безпосередньо з шини 10 (6) кВ ЦЖ. На рис. 1.4 показані розподільні пункти РП1 – РП4.

** Переважно застосовуються мережі напругою 10 кВ. Мережі 6 кВ за умов економічної ефективності поступово переводяться на напругу 10 кВ.*

Розподільною мережею 10(6) кВ відбувається живлення ТП, котрі, в свою чергу, можуть використовуватись для живлення розподільної мережі 0,4 кВ загального користування. Такі ТП на рис. 1.4 позначені ТП1. Від цієї ж мережі може здійснюватися живлення підстанцій або ввідно-розподільних пристроїв (ВРП) окремих споживачів.

Головним завданням міських електромережових підприємств є забезпечення споживачів електричною енергією нормованої якості при необхідному ступені надійності.

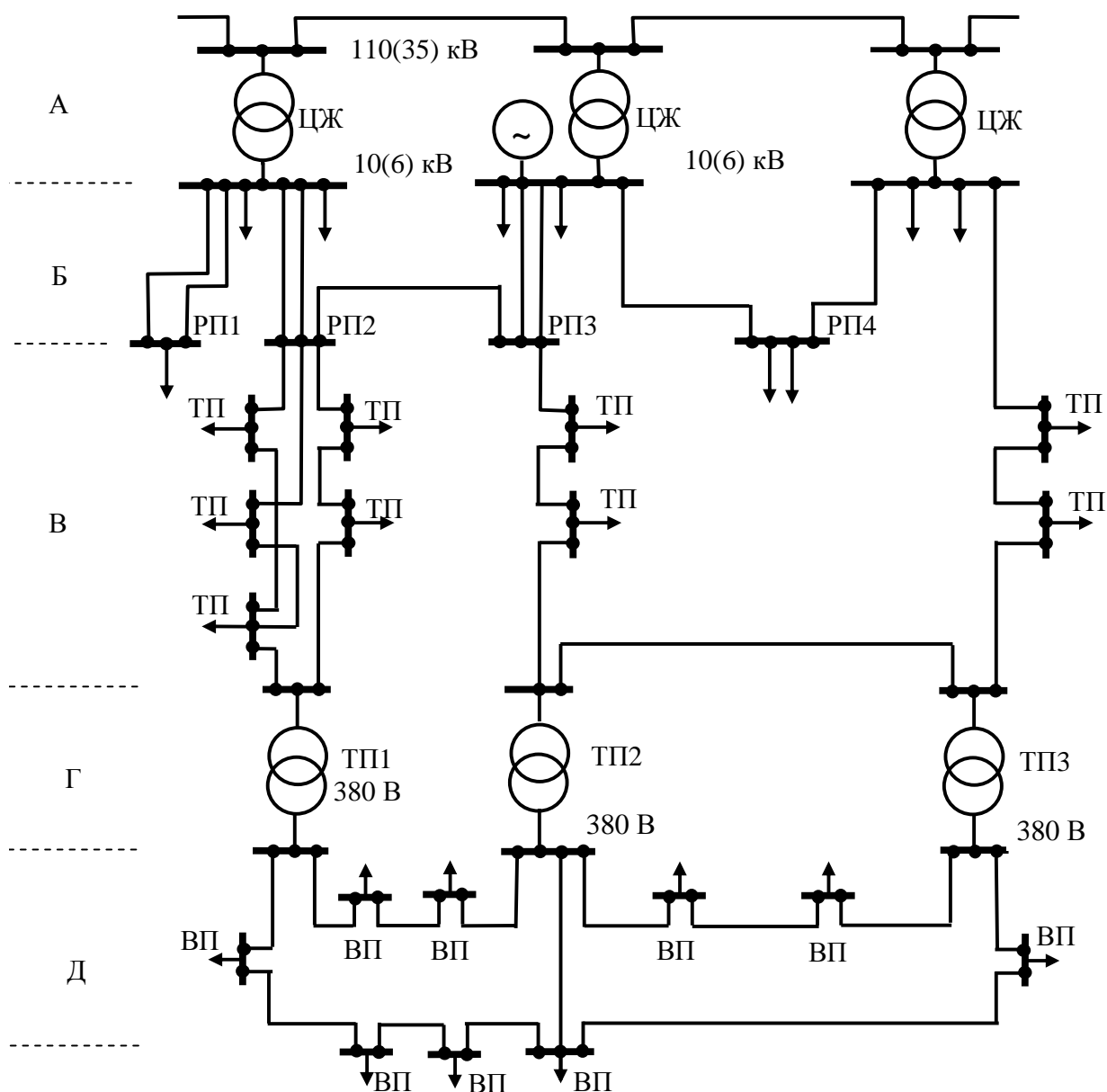


Рис.1.4 – Фрагмент системи електропостачання міста

Для транспортування і розподілу електроенергії застосовують повітряні або кабельні **лінії електропередачі** (ЛЕП) високої та низької напруги. До ліній високої напруги відносять лінії з напругою понад 1000 В, до ліній низької напруги – лінії з напругою до 1000 В. Класифікація ЛЕП за призначенням наведена у табл. 1.1.

1.3. Види електричних мереж і їх напруги

Електричні мережі підрозділяють за наступними ознаками.

Напруга мережі. Мережі з напругою до 1кВ – низьковольтні або низької напруги (НН), з напругою вище 1 кВ – високовольтні або високої напруги (ВН).

Рід струму. Розрізняють мережі постійного і змінного струму. Електричні мережі головним чином виконуються за системою трифазного змінного струму, який має багато переваг порівняно з постійним струмом.

Таблиця 1.1 – Класифікація ЛЕП

Область застосування і основне призначення	Номінальна напруга, кВ	Потужність передачі, МВА	Довжина лінії, км
Електропостачання окремих приймачів, розподіл електричної енергії усередині підприємств.	до 1	до 0,1	до 3
Електропостачання промислових та сільськогосподарчих споживачів, розподіл електричної енергії усередині крупних підприємств.	1 - 10	0,1 - 3	15 - 30
Розподіл електричної енергії у містах і великих населених пунктах, електропостачання великих віддалених будівельних майданчиків і сільських об'єктів.	20 - 35	2 - 15	30 - 100
Розподіл електричної енергії усередині енергосистем і підприємств електричних мереж, електропостачання віддалених сільських споживачів і віддалених промислових комплексів, розподіл електричної енергії усередині великих міст.	110, 150	15 - 100	100 - 300
Розподіл електричної енергії усередині крупних енергосистем, електропостачання віддалених крупних і віддалених споживачів від енергосистем і електричних станцій.	220, 330	110 - 600	300 - 1000
Магістральні ЛЕП	500, 750	понад 600	понад 1000

Призначення. За характером приймачів і призначенням території, на якій вони розташовані, розрізняють електричні мережі у містах, на промислових підприємствах, у сільській місцевості, мережі електричного транспорту.

Розрізняють також: **районні електричні мережі**, які призначені для з'єднання крупних електричних станцій і підстанцій на напругах вище 35 кВ; **мережі міжсистемних зв'язків**, які з'єднують електроенергетичні системи на напругах 330, 500 і 750 кВ.

Розрізняють також розподільні і живлячі електричні мережі.

Електричне обладнання, що застосовується в електричних системах, характеризується номінальною напругою. При номінальній напрузі електроустановки працюють в нормальному економічному режимі.

Номінальна напруга мережі співпадає з номінальною напругою її споживачів.

Первинні обмотки трансформаторів (незалежно від того, підвищуючі вони чи знижуючі) виконують роль споживачів електроенергії, тому їх номінальна напруга приймається рівною номінальній напрузі електроприймачів.

Генератори електростанцій і вторинні обмотки трансформаторів знаходяться на початку мережі, яку вони живлять, і їх напруги повинні бути вище номінальної напруги приймачів на величину втрат напруги в мережі. Номінальну напругу вторинних обмоток трансформаторів приймають на 5 – 10% вище номінальної напруги електроприймачів.

Значення напруг, які застосовуються в електричних мережах, наведені в табл.1.2

Таблиця 1.2 – Номінальні напруги електричних мереж

Номінальні напруги приймачів і мережі, кВ	Номінальні міжфазні напруги на зажимах, кВ		
	генераторів	трансформаторів	
		первинні обмотки	вторинні обмотки
0,22	0,23	0,22	0,23
0,38	0,4	0,38	0,4
0,66	0,69	0,66	0,69
6	6,3	6	6,3
10	10,5	10	10,5
20	21	20	22
35	-	35	38,5
110	-	110	115
220	-	220	230
330	-	330	347
500	-	500	-
750	-	750	-

Контрольні запитання і завдання

1. Що розуміється під електричним устаткуванням (електричною станцією, підстанцією)?
2. Дайте характеристику електричним приймачам?
3. Охарактеризуйте систему електропостачання міста?
4. Які центри живлення в системах електропостачання міст?
5. Чим відрізняються мережі живлення від мереж розподілу електроенергії?
6. Наведіть ознаки класифікації електричних мереж?
7. Які значення номінальних напруг встановлені для електричних мереж?
8. Яка залежність між потужністю передачі і номінальною напругою ЛЕП?

ТЕМА 2

ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІ БУДИНКІВ І БУДІВЕЛЬ

2.1. Категорії електроприймачів

За ступенем надійності електропостачання електроприймачі (електроустановки будинків, будівель і підприємств) поділяють на три категорії [1.1, 1.8]

Електроприймачі 1-ї категорії – це електроприймачі, перерва електропостачання яких може становити загрозу для життя людей, спричинити значний збиток економіці держави, викликати пошкодження дорогого обладнання та масовий брак продукції, розлад складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства.

У складі електроприймачів 1-ї категорії виділяють **особливу групу** електроприймачів, безперебійне електропостачання яких необхідне для безаварійної зупинки виробництва з метою запобігання загрозі життю людей, вибухів, пожеж і пошкодження дорогого основного обладнання.

До **електроприймачів 2-ї категорії** відносять електроспоживачі, перерва електропостачання яких призводить до масового недовиробництва продукції, масовим простоям робітників, механізмів і промислового транспорту, порушень нормальної діяльності значної кількості міських і сільських мешканців.

Усі інші електроприймачі, які не підпадають під визначення 1 і 2-ї категорій відносять до **електроприймачів 3-ї категорії**.

Електроприймачі 1-ї категорії отримують електричну енергію від двох незалежних взаємо резервованих джерел живлення, і перерва їхнього електропостачання при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення допускається лише на час автоматичного відновлення живлення.

Незалежним джерелом живлення називається джерело живлення, на якому зберігається напруга в межах, регламентованих ПУЕ для післяаварійного режиму, при зникненні її на іншому або інших джерелах живлення цих електроприймачів.

Для електропостачання особливої групи електроприймачів 1-ї категорії передбачається додаткове живлення від третього незалежного взаєморезервованого джерела живлення. Таким джерелом живлення можуть бути дизельні електростанції, акумуляторні батареї.

Електропостачання приймачів 2-ї категорії надійності здійснюється від двох незалежних взаєморезервованих джерел. Перерва в їх електропостачанні допускається на час, необхідний для вмикання резервного живлення черговим персоналом або виїзною оперативною бригадою.

Електропостачання приймачів 3-ї категорії може здійснюватись від одного джерела живлення за умови, що перерва електропостачання, яка необхідна для ремонту і заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищує однієї доби.

У містах найбільш характерними електроприймачами 1-ї категорії є [1.1]:

- електроприймачі операційних і пологових блоків, відділень анестезії, реанімації та інтенсивної терапії, кабінетів лапароскопії, бронхоскопії й ангіографії та інші, від безперервної роботи яких безпосередньо залежить життя хворих;
- електроприймачі протипожежного устаткування, сигналізація загазованості, лікарняні ліфти, аварійне освітлення, охоронна сигналізація лікувально-профілактичних та санаторних закладів;
- електроприймачі протипожежного устаткування, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне і евакуаційне освітлення, вогні світлового огороження у житлових, громадських будинках і гуртожитках заввишки понад 16 поверхів;
- електроприймачі протипожежного устаткування, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне і евакуаційне освітлення, охоронна сигналізація у будинках установ, організацій, офісів з чисельністю працюючих понад 2000 осіб, незалежно від кількості поверхів;
- електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, ліфти, аварійне і евакуаційне освітлення, охоронна сигналізація у готелях (мотелях), будинках відпочинку, пансіонатах і турбазах з кількістю місць понад 1000 або в будівлях понад 16 поверхів заввишки, незалежно від кількості місць;
- електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація у будинках навчальних закладів, у яких навчається понад 1000 осіб;
- електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація у будинках культурно-видовищних

закладів, закладів дозвілля, культових закладів, критих спортивних споруд.

До електроприймачів другої категорії відносять:

- житлові будинки до 16 поверхів заввишки включно з електроплитами і електроводонагрівачами для гарячого водопостачання, за винятком одно-восьмиквартирних будинків;
- житлові будинки понад 5 поверхів заввишки з плитами на природному, скрапленому газі або твердому паливі;
- будинки гуртожитків до 16 поверхів заввишки та загальною місткістю понад 50 осіб;
- будинки установ, організацій, офісів до 16 поверхів заввишки включно з чисельністю працюючих від 50 до 2000 осіб;
- готелі (мотелі), будинки відпочинку, пансіонати і турбази з кількістю місць від 200 до 1000;
- медичні заклади, аптеки;
- будинки навчальних закладів, в яких навчається від 200 до 1000 осіб;
- електроприймачі протипожежних установок, сигналізація загазованості, аварійне освітлення, охоронна сигналізація універсамів, торговельних центрів і магазинів з торговими залами загальною площею понад 2000 м²;
- торговельні заклади з торговою площею від 250 до 2000 м² включно;
- заклади громадського харчування з кількістю посадкових місць від 100 до 500 включно;
- деякі інші.

До електроприймачів III категорії відносять:

- житлові будинки до 5 поверхів заввишки включно з плитами на природному, скрапленому газі або твердому паливі;
- житлові одно- восьми квартині будинки, в тому числі з електроплитами і електроводонагрівачами для гарячого водопостачання;
- будинки гуртожитків заввишки до 5 поверхів загальною місткістю до 50 осіб включно;
- будинки навчальних закладів, в яких навчається до 200 осіб включно;
- готелі, будинки відпочинку, пансіонати і турбази з кількістю місць до 200 включно.

Повний перелік електроприймачів будинків і споруд, що відносяться до I, II і III категорій надійності електропостачання наведено у [1.1]:

2.2. Загальна характеристика електроприймачів

Територія міст і населених пунктів за призначення поділяється на кілька зон:

- промислову, в якій розміщені промислові, енергетичні та інші підприємства, а також пов'язані з ними транспортні та інші об'єкти;

- сельбищну, в якій розміщені житлові райони, мікрорайони, громадські будинки та споруди;
- комунально-складську, в якій розміщуються склади, гаражі, трамвайно-тролейбусні та автобусні парки, автобази, тощо;
- зовнішнього транспорту, в якій розміщуються вокзали, порти, пристані і т. ін.;
- місця відпочинку населення, які відводяться в межах населеного пункту.

Основною структурною одиницею сельбищної зони є мікрорайон, на території якого розміщуються житлові будинки, дитячі та освітні заклади, підприємства культурно-побутового та комунального призначення для обслуговування населення мікрорайону. Чисельність населення мікрорайону, як правило, від 6 до 12 тис. людей, а при висотній забудові – до 16 тис. людей.

Мікрорайони об'єднуються в житловий район з чисельністю населення 24-36 тис. людей, а при висотній забудові – до 60 тис. людей.

Житловий район звичайно має громадський центр, до складу якого входять театри, кінотеатри, торгівельні центри (рис.2.1) та інші культурно-побутові заклади для обслуговування населення житлового району.



Рис.2.1 – Будівля торгівельно-розважального центру Дафі у м. Харкові

За характером електропостачання і призначенням усі споживачі електричної енергії міста поділяються на такі групи:

- споживачі сельбищних зон;
- промислові споживачі;
- комунальні загальноміські споживачі (водопровід, водовідвід, міський електротранспорт);
- споживачі приміських районів.

Споживачі сельбищної зони, в свою чергу, поділяються на такі групи:

- електроприймачі квартир;
- електроприймачі загального будинкового призначення;
- електроприймачі громадських і культурно-побутових підприємств, а також установ сельбищної зони.

2.2.1. Електроприймачі квартир

Характерними споживачами електроенергії у квартирах є: електричне освітлення, електронагрівальні прилади, холодильники і морозильні камери, кондиціонери, пральні машини, радіоприлади, дрібні побутові прилади.

Електричне освітлення. Для електричного освітлення квартир використовують головним чином лампи розжарювання потужністю 40 – 150 Вт у вигляді однолампових або багатолампових світильників. Останнім часом поширені люмінесцентні енергозберігаючі лампи потужністю 5 – 30 Вт, споживання електричної енергії яких в середньому у 5 разів менше порівняно з лампами розжарювання, які забезпечують аналогічний рівень освітленості.

Коефіцієнт потужності ламп розжарювання $\cos\varphi = 1$, люмінесцентних ламп - 0,5...0,6 (якщо вони не мають компенсуючих конденсаторів, вмонтованих у світильник).

Електронагрівальні прилади. До цієї групи належать пересувні (електрочайники, кип'ятильники, електрокаміни, пилососи тощо) та стаціонарні (кухонні плити, водонагрівачі, електроопалювальні печі тощо) прилади. Потужність пересувних приладів $0,5 \div 1,5$ кВт, включаються вони у звичайні розетки, розраховані на струм до $6 \div 10$ А. Потужність стаціонарних приладів від 3 до 25 кВт, включаються вони в електромережу з допомогою спеціальних розеток більшої потужності (16 або 25 А) з третім (заземлюючим) контактом. Коефіцієнт потужності електронагрівальних приладів $\cos\varphi = 1$.

Крім електроопалювальних печей, використовуються також інші прилади (електрошпалери, електроплінтуси, електрорадіатори, електрокалорифери, електронагрівальні панелі, а також електронагрівальні кабелі), які прокладаються у стінах, підлогах і стелях. Питома потужність при електричному обігріванні підлоги електрокабелями $120 \div 150$ Вт/м², при цьому 1 м довжини кабелю повинен мати потужність не більшу за $20 \div 25$ Вт, щоб температура підлоги, з гігієнічних міркувань, не перевищувала $25 \div 27$ °С.

До теплових приладів відносять також теплові насоси та кондиціонери, призначені для забору теплоти від більш нагрітого середовища і передачі його менш нагрітому середовищу. За рахунок забору теплоти від зовнішнього середовища кількість теплоти, що віддається, у $2 \div 4$ рази перебільшує кількість енергії, яка витрачається на роботу теплового насоса. Працюють ці пристрої або за типом компресійного холодильника, або використовуючи ефект Пельтьє у напівпровідниках.

Встановлена потужність теплових насосів і кондиціонерів $0,3 \div 5$ кВт.

Електрохолодильники. У квартирах використовують холодильники і морозильні камери компресійного типу з потужністю двигун-компресорного агрегату 160 Вт і добовою витратою електроенергії $0,8 \div 1,2$ кВт·год (залежно від об'єму холодильної камери) та адсорбційні холодильники з нагрівальними еле-

ментами потужністю $40 \div 125$ Вт і добовою витратою електроенергії $1,2 \div 3,1$ кВт·год (залежно від об'єму холодильної камери), коефіцієнт потужності $\cos\varphi=0,8$.

Адсорбційні холодильники менш економічні за витратою електроенергії, але вони працюють безшумно, що є їх перевагою порівняно з компресійними, коефіцієнт потужності $\cos\varphi = 1$.

Пральні машини. Використовуються машини різних типів. Сучасні пральні машини працюють у програмованому режимі автоматично і мають центрифуги для віджимання білизни та пристрої для підігрівання води. Встановлена потужність пральних машин $0,4 \div 4$ кВт. Коефіцієнт потужності $\cos\varphi \approx 0,6$.

Радіоприлади. До цієї групи належать телевізори, радіоприймачі, магнітофони, персональні ЕОМ та інше обладнання, побудоване на базі використання напівпровідникових приладів. Потужність радіоприладів, як правило, невелика: десятки – сотні ват.

Характерною особливістю телевізорів є їхня одночасність вмикання у часи вечірнього максимуму, що створює високе навантаження в системі електропостачання.

Дрібні побутові прилади. Це група найрізноманітніших приладів: електричні м'ясорубки, соковижималки, кавомолки, кавоварки, міксери, вентилятори, іонізатори, тощо. Потужність їх $30 \div 250$ Вт, $\cos\varphi = 0,2 \div 0,6$. Вмикаються порівняно рідко і на короткий час.

2.2.2. Загальнобудинкові електроприймачі

До цієї групи електроприймачів відносять:

- освітлення (коридорів, сходів, технічних приміщень, горищ, входів до будинків, зовнішнє);
- силові електроприймачі (електрообладнання ліфтів, вентиляції, підкачувальних і протипожежних насосних установок тощо).

Освітлення. Характерною особливістю загальнобудинкових освітлювальних пристроїв є їхня робота в нічні часи при збільшеній напрузі, що призводить до швидкого перегорання звичайних ламп. У зв'язку з цим для таких пристроїв випускаються лампи розжарювання на вищу напругу (237, 248 В). Строк служби таких ламп значно зростає, але для освітлення квартир ці лампи використовувати не слід, тому що при нормальній напрузі 220 В світловіддача таких ламп дуже низька і це призводить до перевитрати електроенергії. Для продовження роботи ламп розжарювання загальнобудинкових освітлювальних пристроїв часто використовують при напрузі 220 В по дві лампи на 127 В, з'єднані послідовно. Використовують також послідовно з'єднані дві лампи на 220 В різної потужності, більш потужна з яких служить баластним опором для меншої.

Часто послідовно з лампами вмикають діод, який зрізає один з напівперіодів напруги. При цьому лампа дає "мерехтливий" світловий потік, але термін її служби подовжується.

Люмінесцентні світильники менш чутливі до підвищення напруги, але їх використання для загальнобудинкових освітлювальних пристроїв затримується через високу вартість та неможливість запалювання при низьких температурах.

Силові електроприймачі. До цієї групи належать пасажирські і грузопасажирські ліфти та різні санітарно-технічні пристрої. Пасажирські ліфти у житлових будинках встановлюються двох типів: вантажопід'ємністю 350 кГ та 500 кГ. Перші з них мають електродвигуни потужністю $4 \div 4,5$ кВт, другі – $7 \div 7,5$ кВт. Як правило, двигуни двошвидкісні. Крім того, ліфтова установка має гальмівний електромагніт і трансформатор для живлення системи керування. Шахти ліфтів освітлюються лампами розжарювання, вимикати які забороняється за правилами техніки безпеки незалежно від того, чи працює ліфтова установка, чи ні. Щоб лампи не перегорали при збільшеній напрузі у нічні часи, послідовно з ними включають діод.

Системи подавання повітря, видалення диму, протипожежного водопостачання та підкачки обладнують асинхронними короткозамкненими електродвигунами потужністю $0,6 \div 10$ кВт. Крім того, встановлюються допоміжні електроприводи з двигунами або електромагнітами для відкривання шиберів, димових ґраток, вентилів. Усі сантехнічні пристрої обладнують системами автоматичного або дистанційного керування. Встановлюють системи вентиляції, димовидалення та водоподачі, як правило, тільки у висотних житлових будинках (понад 9 поверхів).

2.3. Технічні характеристики електроприймачів

Основними технічними характеристиками електроприймачів є номінальна напруга, встановлена (номінальна) потужність, коефіцієнт потужності.

Під номінальною напругою розуміють напругу мережі живлення в межах припустимих відхилень, при якій технічні і технологічні параметри електроприймача відповідають його паспортним значенням.

Зважаючи на напругу системи електропостачання усі електроприймачі можна поділити на п'ять груп:

- електроприймачі трифазного змінного струму напругою до 1000 В, частотою 50 Гц;
- електроприймачі трифазного змінного струму напругою понад 1000 В, частотою 50 Гц;
- електроприймачі однофазного струму частотою 50 Гц;
- електроприймачі постійного струму;
- електроприймачі, що працюють на частотах, відмінних від 50 Гц. При цьому частоти менші за 50 Гц називаються пониженими, понад 50 до 10000 Гц - підвищеними, а понад 10000 Гц - високими.

Усі споживачі електроенергії в нашій країні одержують від електростанцій і підстанцій енергосистем трифазний змінний струм певної напруги з частотою 50 Гц. Тому постійний струм і струм з частотами, відмінними від 50 Гц, одержують на самих підприємствах-споживачах з допомогою різноманітних перетворювальних агрегатів - як електромашинних, так і напівпровідникових. Величина напруги, необхідна для реалізації технологічних процесів, забезпечується використанням як трансформаторних підстанцій, так і окремих трансформаторів.

Встановлена (номінальна) потужність. Ця характеристика є основною вихідною величиною для всіх розрахунків системи електропостачання. За встановлену потужність приймають:

- для електродвигунів асинхронних і постійного струму $P_n = P_{\text{пасп}}$, де $P_{\text{пасп}}$ - паспортна потужність електродвигуна, яку він розвиває на валу за номінальної напруги;
- для синхронних електродвигунів $P_n = S_n \cos \varphi_n \eta_n$, де S_n , $\cos \varphi_n$ і η_n - повна потужність, коефіцієнт потужності та коефіцієнт корисної дії, вказані в паспорті електродвигуна;
- для електроприймачів опору (електропечі, праски) та освітлювальних приладів $P_n = P_{\text{пасп}}$, де $P_{\text{пасп}}$ - активна потужність, вказана в паспорті.

2.4. Режими роботи електроприймачів

Розрізняють три режими роботи електроприймачів: короткочасний, повторно-короткочасний і сталий (тривалий).

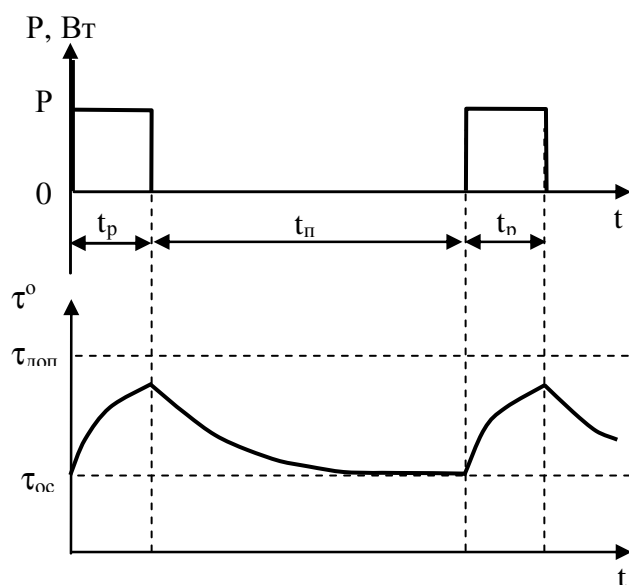


Рис. 2.2 – Діаграма навантаження і крива нагріву та охолодження для короткочасного режиму

Короткочасним називається **режим** такої тривалості, при якій температура усіх елементів електроприймача при його роботі не досягає сталого значення і зменшується до температури навколишнього середовища під час паузи в роботі електроприймача (електродвигуни, заслонок, кранів, підйомних механізмів тощо) (рис. 2.2).

Повторно-короткочасний режим характеризується тим, що під час вмикання температура у приймачі підвищується, а під час пауз - зменшується. Але нагрівання за нормального навантаження не перевищує припусти-

мої температури для класу ізоляції приймача, а охолодження за час паузи не досягає температури оточуючого середовища. Після кількох циклів вмикання коливання температури досягають значень τ_{\max} і τ_{\min} (рис. 2.3).

Сталим (тривалим) називають **режим** такої тривалості, за якої температура усіх частин електроприймача досягає сталого значення при незмінній температурі оточуючого середовища (рис.2.4). У тривалому режимі працюють насоси, вентилятори, компресори, транспортери і т. ін.

Основною характеристикою повторно-короткочасного режиму роботи є відносна тривалість вмикання ПВ (%), яка враховує тривалість робочого циклу і визначає теплове навантаження приймача

$$ПВ = \frac{t_p}{t_p + t_{\Pi}} 100\% \quad (2.1)$$

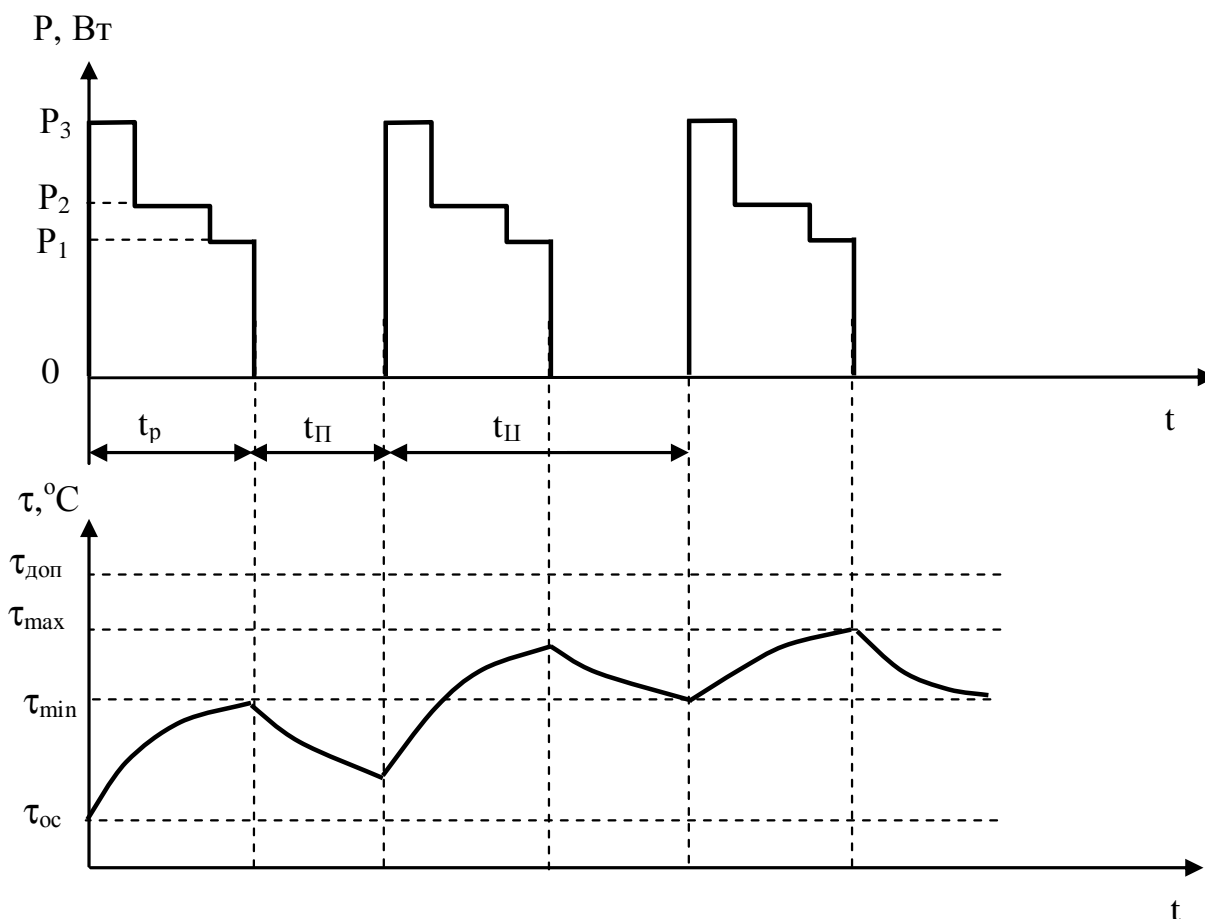


Рис. 2.3 – Діаграма навантаження і крива нагрівання та охолодження для повторно-короткочасного режиму

Державними стандартами встановлені наступні стандартні значення ПВ, які враховуються при розрахунках режимів роботи електрообладнання: 15; 25; 40 і 60%.

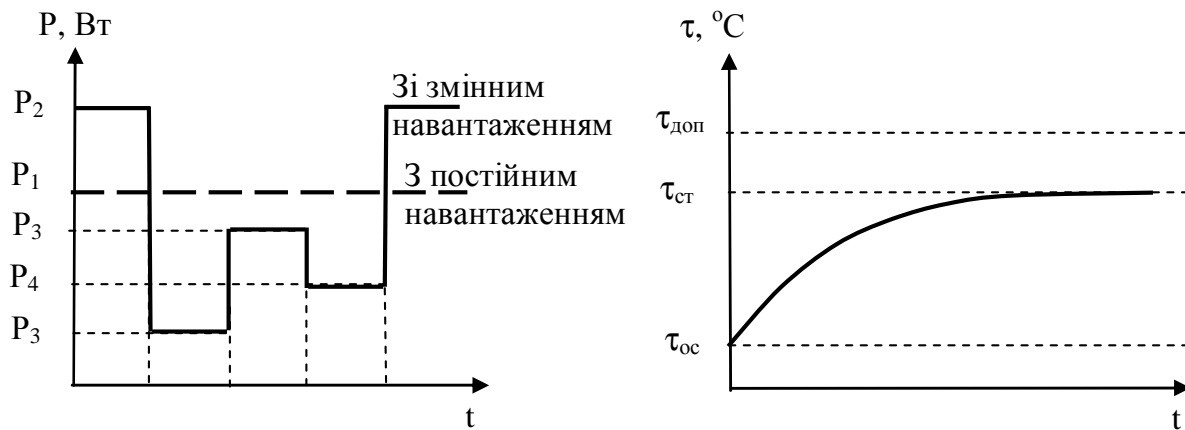


Рис. 2.4 – Діаграма навантаження і крива нагрівання і охолодження електроприймача у сталому режимі

При тривалості циклу більше 10 хвилин і $PВ > 60\%$ режим роботи електроприймача вважається сталим.

Розрізняють також і режими системи електропостачання. Вони визначаються режимами енергосистеми та електроспоживачів. Можливі наступні чотири режими системи електропостачання (електричної мережі):

- **нормальний сталий режим** при якому напруги у вузлах мережі і ступінь навантаження ЛЕП знаходяться у нормативних і розрахункових межах;
- **нормальний перехідний режим**, пов'язаний з експлуатаційними змінами схеми електропостачання;
- **аварійний перехідний режим** з різкою зміною параметрів внаслідок аварійної зміни у схемі живильної енергосистеми або в схемі розподілу електроенергії;
- **післяаварійний сталий режим** виникає після аварійного вимкнення частини елементів схеми електропостачання.

2.5. Електричне освітлення

Значну частку серед електроприймачів складає електроосвітлювальне устаткування, яке відіграє важливу роль в забезпеченні нормального функціонування житлових будинків, будівель громадського призначення, реалізації технологічного процесу на підприємствах.

Правильна організація електричного освітлення має істотне значення для успішного виконання роботи та створення комфортних умов у помешканнях. Недостатня освітленість робочого місця знижує продуктивність праці, погіршує якість роботи і, крім того, часто є причиною травматизму.

Достатність освітлення і його якість оцінюють показниками, для визначення яких служать світлові величини й одиниці їхнього виміру.

Достатність освітлення на тій або іншій площині або в тій або іншій точці визначається величиною **освітленості** (позначається латинською буквою *E*); одиниця виміру освітленості - *люкс* (лк).

Для виконання точних робіт в механічних майстернях за нормами потрібна освітленість в 100 ÷ 150 лк, для читання – освітленість порядку 75 лк.

Будівельними нормами і правилами встановлені мінімальні величини освітленості, необхідні для тих або інших виробничих, службових і побутових приміщень. На їхній основі розроблені норми електричного освітлення будівельних і монтажних робіт (табл. 2.1).

Освітлення може бути загальним, місцевим і комбінованим. При цьому загальне освітлення поділяють на рівномірне й локалізоване.

При загальному рівномірному освітленні освітлюється все приміщення або зовнішня площа, світильники встановлюють рівномірно. При загальному локалізованому освітленні на окремих ділянках приміщення або зовнішньої території створюється більша освітленість. На таких ділянках встановлюють додаткові світильники або їх розміщують більш часто. При місцевому освітленні освітлюють тільки робочі поверхні, при комбінованому - застосовують і загальне і місцеве освітлення.

Таблиця 2.1 – Норми освітленості будівельних і монтажних робіт

Найменування ділянок території й робочих операцій	Освітленість <i>E</i> , лк	Площина, у якій нормується освітленість	Примітка
Територія будівельного майданчика в районі провадження робіт	2	Горизонтальна на рівні землі	Освітлення повинно бути багатобічним
Автодороги на території будівництва з інтенсивним рухом	3	Те ж	—
Залізничні колії на території будівництва	0,5	—	—
Грабарства, вироблені землерийними механізмами	5...10	Горизонтальна, вертикальна	—
Монтаж будівельних конструкцій	25	Горизонтальна, вертикальна	—
Бетонування	25	На поверхні бетону	—
Опоряджувальні роботи	50	На робочій поверхні	—
Кранові й такелажні роботи	10	Горизонтальна	—
Складання й монтаж будівельних механізмів	50	Те ж	Необхідні додаткові переносні освітлювальні засоби
Монтаж обладнання	50	На робочих поверхнях	Те ж

Крім звичайного, робочого освітлення, влаштовують аварійне освітлення, що забезпечує мінімальну освітленість. Для аварійного освітлення організують окреме живлення.

2.6.1. Джерела світла й освітлювальна арматура

Джерела світла. Як джерела світла у будівництві й у промисловості застосовують лампи розжарювання і газорозрядні лампи, які, в свою чергу, поділяються на ртутні лампи низького тиску - люмінесцентні й ртутні лампи високого тиску - лампи ДРЛ.

У лампах розжарювання світлова енергія створюється за рахунок нагрівання тонкої вольфрамової нитки електричним струмом, що проходить нею. Нитка вміщена у скляну колбу, заповнену інертним газом; є також конструкції ламп розжарювання, в яких нитка вміщена у вакуум. Розпечена (при температурі порядку 3000°C) нитка яскраво світиться. Колба лампи укріплена на металевому різьбовому цоколі, за допомогою якого лампа ввертається у патрон, який служить для її приєднання до проводів електромережі. Лампи розжарювання випускають на напруги 220, 127, 36 і 12 В. На будівельних майданчиках, як правило, застосовують лампи на 220 В. Їх випускають потужністю від 15 до 1500 Вт. Лампи розжарювання для напруг 36 і 12 В випускають потужністю від 11 до 100 Вт.

При зниженні напруги проти номінальної світловий потік і світловіддача ламп розжарювання різко знижуються. Підвищення напруги понад 105% номінальної значно зменшує термін служби лампи.

Дія газорозрядних ламп заснована на електричному розряді в середовищі розрідженого газу. Порівняно з лампами розжарювання вони характеризуються меншим споживанням електричної енергії.

Люмінесцентна лампа (рис. 2.5,а) становить собою довгу (порядку 450... 1500 мм) скляну трубку з двома цоколями на кінцях, заповнену розрідженим газом - аргоном і невеликою кількістю парів ртуті. На внутрішню поверхню трубки нанесений шар спеціального складу - люмінофор. У цоколі лампи впаяні вольфрамові електроди. При вмиканні лампи в електричну мережу між її електродами в парах ртуті у трубці виникає газовий розряд і невидиме ультрафіолетове випромінювання, під впливом якого люмінофор починає світитися - дає яскраве видиме світло.

Люмінесцентні лампи вмикають у мережу за допомогою спеціальних **пускорегулюючих пристроїв (ПРП)**.

Люмінесцентні лампи випускають потужністю у 15, 20, 30, 40 і 80 Вт, п'яти типів за кольорами випромінюваного світла: ЛДЦ - денного світла, призначені для правильної світлопередачі; ЛД - денного світла; ЛХБ - холодного білого світла; ЛТБ - теплого білого світла й ЛБ - білого світла.

За світловіддачею на 1 Вт потужності усі люмінесцентні лампи значно (в 2,5...4 рази) перевершують лампи розжарювання. Найбільшу світловіддачу мають лампи білого світла (ЛБ), вони рекомендуються для освітлення усіх виробничих приміщень, крім тих, де потрібне правильне розрізнення колірних відтінків.

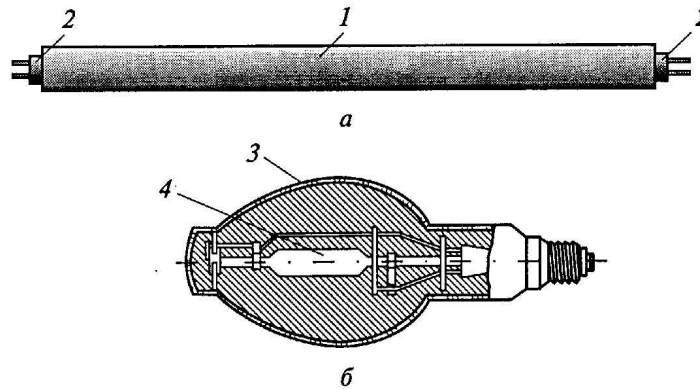


Рис. 2.5 – Газорозрядні лампи:
*а - люмінесцентна; б - ртутна; 1 - трубка; 2 - цоколь;
 3 - балон лампи; 4 - пальник з кварцового скла*

Ртутна лампа високого тиску типу ДРЛ за зовнішнім виглядом схожа на велику лампу розжарювання. Її будова показана на рис. 2.5,б.

На відміну від люмінесцентної лампи, в лампі ДРЛ електричний розряд відбувається не у всій колбі, а в маленькій трубці («пальнику») з кварцового скла, прозорого для ультрафіолетових променів (рис. 2.5,б). Під впливом ультрафіолетового випромінювання пальника спеціальний люмінофор, нанесений на внутрішню поверхню колби, дає яскраве, трохи зеленувате світло (близьке до білого).

Лампи ДРЛ мають різьбовий цоколь і вгвинчуються до тих же патронів, що й лампи розжарювання. Але у мережу вони вмикаються так само, як і люмінесцентні, за особливою схемою за допомогою спеціальних пускорегулюючих апаратів (ПРА), що містять дросель, конденсатори, розрядники та ін.

Випускають лампи ДРЛ потужністю 250, 500, 750 і 1000 Вт. Вони є високоекономічними джерелами світла.

Освітлювальна арматура. Правильно організоване освітлення, насамперед, повинне створювати достатню освітленість для того, щоб око людини могло легко, не стомлюючись, розрізняти усі деталі, необхідні при певній роботі. Крім того, освітлення повинне бути якомога рівномірним, без різких тіней; джерело світла не повинне бути видимим безпосередньо оком (для того, щоб не було засліплюючого впливу).

Для створення необхідних умов освітлення, що задовольняють вказаним вимогам, служить **освітлювальна арматура**.

Освітлювальна арматура разом з вміщеною до неї лампою називається **світильником**. Основні типи світильників, що застосовують в умовах будівництва, з лампами розжарювання, люмінесцентними й ДРЛ, наведені на рис. 2.6 - рис. 2.9.

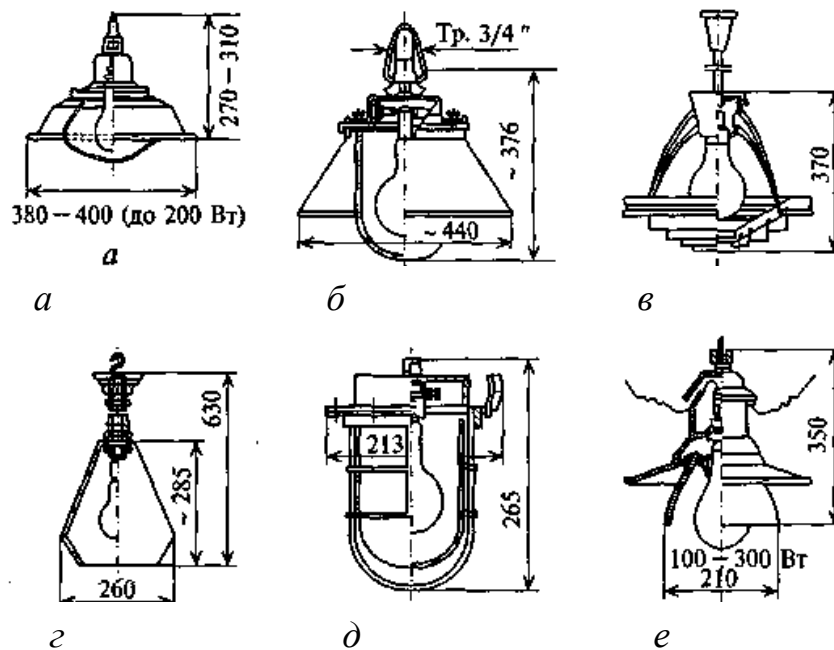


Рис. 2.6 – Світильники з лампами розжарювання:
а – "Універсаль"; *б* - промисловий ущільнений (ПУ);
в - кільцевий типу ПМ-1; *г* – "Люцетта"; *д* – рудничний
 нормальний (РН-100); *е* - зовнішнього освітлення типу СПО

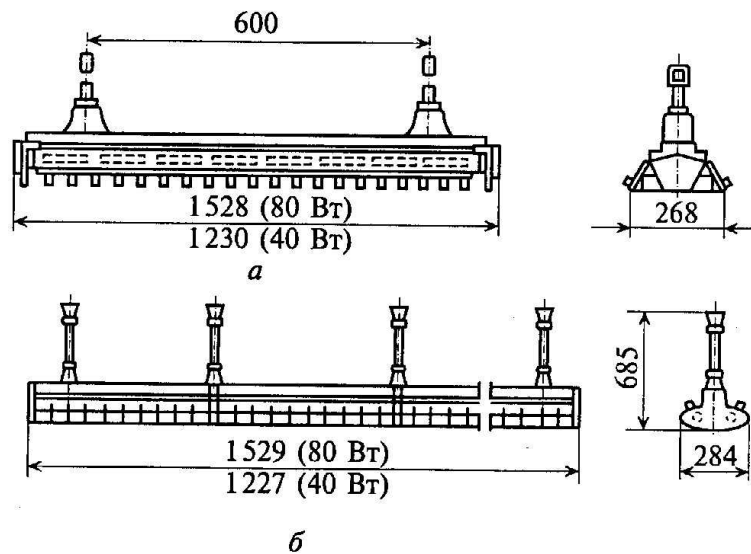


Рис. 2.7 – Світильники з люмінесцентними лампами:
а - типу ОДР і ОДОР з двома лампами по 40 або 80 Вт;
б - типу ШЛД з двома лампами по 40 або 80 Вт.

Світильники служать для освітлення предметів, розташованих на відносно невеликих відстанях. Як освітлювальні прилади далекої дії застосовують прожектори різних типів. Для освітлення будівельних майданчиків служать прожектори заливаючого світла, які працюють із звичайними лампами розжарювання потужністю від 200 до 1000 Вт (рис.2.9).

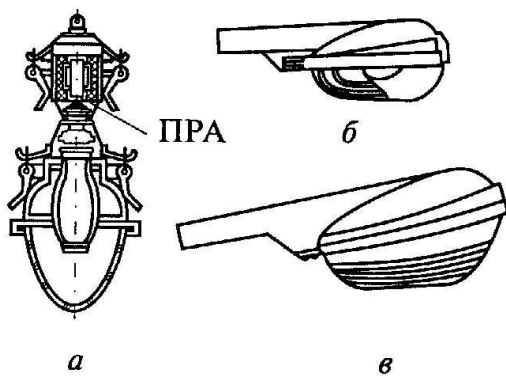


Рис. 2.8 – Світильники для ртутних ламп типу ДРЛ:
а – підвісного типу;
б, в – консольного типу

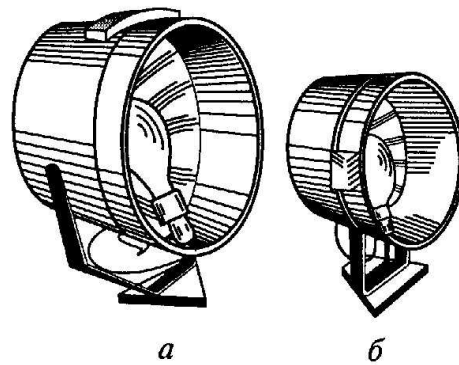


Рис. 2.9 – Прожектори заливного світла:
а – типу ПЗС-45 з лампою 1000 Вт;
б – типу ПЗС-35 з лампою 500 Вт

2.6.2. Норми освітленості, спрощені способи розрахунку освітлювальних установок

В ряді випадків (за відсутності проекту електричного освітлення) може трапитися необхідність визначення кількості й потужності освітлювальних приладів - прожекторів або світильників - для створення необхідної за нормами освітленості на тому або іншому майданчику території будівництва або в будь-якому приміщенні. Для цих цілей найбільш зручний простий метод розрахунку, що називається **методом питомої потужності**.

Розглянемо порядок розрахунку за цим методом. Дані за нормами освітленості, якими необхідно керуватися під час розрахунку, наведені в табл. 2.1.

Зовнішнє прожекторне освітлення. Кількість прожекторів, необхідна для освітлення заданої площі, за методом питомої потужності визначають за формулою

$$N = \omega \cdot E \cdot S / P_{\text{л}}, \quad (2.1)$$

де ω - питома потужність ламп прожекторів, що припадає на 1 м² освітлюваної площі й 1 лк освітленості (її слід приймати: для прожекторів ПЗС-35 рівною 0,25÷0,4 Вт/(м²·лк), а для прожекторів ПЗС-45 рівною 0,2÷0,3 Вт/(м²·лк)); E - освітленість, лк (див. табл. 2.1); S - площа, що підлягає освітленню, м²; $P_{\text{л}}$ - потужність лампи прожектора, Вт.

Приклад 1. Необхідно освітити прожекторами будівельний майданчик розміром 205 x 100 м.

За даними табл. 2.1 слід прийняти освітленість (E) майданчика на рівні землі рівною 2 лк.

Тип прожекторів приймаємо ПЗС-35 з лампою 500 Вт.

Знаходимо освітлювану площу: $S = 205 \times 100 = 20500 \text{ м}^2$.

Питому потужність прожекторів (ω) приймаємо рівною 0,30 Вт/(м²·лк).

Визначаємо кількість прожекторів за формулою (2.1): $n = 24,6$ шт.

Треба встановити 24 прожектори на шести щоглах висотою близько 13 м, розмістивши щогли по контуру майданчика.

Внутрішнє освітлення. Розрахунок загального освітлення усередині виробничих, адміністративно-управлінських та інших будинків, а також у приміщеннях споруджуваних будинків виконують аналогічно методом питомої потужності.

Дані, необхідні для проведення найпростіших розрахунків, наведені в табл. 2.2.

Наведемо хід розрахунку з використанням цих таблиць. Визначають за табл. 2.1 величину освітленості, що відповідає заданим умовам. Обирають для певного приміщення тип світильника, визначають (відповідно до розмірів приміщення) розрахункову висоту підвісу світильників. Потім з табл. 2.2 знаходять для цього типу світильника, розрахункової висоти підвісу, площі приміщень і необхідної освітленості величину питомої потужності у Вт/м². Розрахунковою висотою підвісу (позначається h_p) називається висота підвісу світильника над освітлюваною робочою поверхнею (верстата, стола).

Знайдене значення питомої потужності помножують на площу приміщення, обчислюють загальну потужність ламп світильників, необхідну для даного приміщення:

$$P_{\text{заг}} = \omega' \cdot S, \quad (2.2)$$

де ω' - питома потужність ламп світильників, Вт/м²; S - площа приміщення, м².

Таблиця 2.2 – Питома потужність загального рівномірного освітлення світильником "Універсаль" без затінювача з лампами розжарювання

Розрахункова висота, м	Площа приміщення, м ²	Питома потужність ω' (Вт/м ²) при мінімальній освітленості (лк), яка дорівнює:					
		20	30	50	75	100	150
2-3	25-50	6,4	8,6	13,8	19,5	24,5	35
	50-150	5,3	7,2	11,4	16,3	21	29
	150-300	4,7	6,4	10,2	14,3	18,5	26
3-4	30-50	6,4	8,9	14,5	20,5	25	35
	50-120	5,5	7,6	12	17	21,5	29,5
	120-300	4,7	6,6	10,2	14	18	25

Після цього, знаючи стандартні потужності ламп, придатні для певного світильника, обирають кількість світильників і потужність ламп.

Приклад 2. Необхідно освітити монтажну майстерню площею 190 м². Висота підвісу світильників над підлогою не повинна бути нижчою 3,5 м.

Для освітлення обираємо лампи розжарювання, світильник "Універсаль"; висота підвісу над підлогою 3,5 м. Приймаючи висоту освітлюваних по-

верхонь (верстатів) над підлогою у 0,8 м, знаходимо розрахункову висоту підвісу світильника h_p , яка дорівнює $3,5 - 0,8 = 2,7$ м.

З табл. 2.1 знаходимо для майстерні мінімальну освітленість - 50 лк (норма для групи «монтаж обладнання»).

З табл. 2.2 знаходимо для заданих умов величину питомої потужності - $10,2 \text{ Вт/м}^2$. Загальну потужність ламп для освітлення майстерні визначаємо за формулою (2.2):

$$P_{\text{заг}} = 10,2 \cdot 190 = 1938 \approx 2000 \text{ Вт.}$$

Необхідно встановити 10 світильників з лампами 200 Вт (2 ряди по 5 світильників).

З більш точними методами розрахунків, характеристиками джерел світла і освітлювальної арматури можна ознайомитися в [1.11].

Контрольні запитання і завдання

1. Які електроприймачі відносять до 1-ї категорії за ступенем надійності електропостачання? Які до 2-ї категорії? Які до 3-ї категорії?
2. Які електропримачі відносять до особливої групи?
3. Як здійснюється електропостачання приймачів особливої групи (1-ї категорії, 2-ї категорії, 3-ї категорії)?
4. На які групи поділяють споживачів міст за ознакою характеру електропостачання і призначення?
5. Назвіть характерні групи споживачів у квартирах? Дайте їх загальну характеристику?
6. Дайте характеристику загальнобудинкових електроприймачів?
7. Що розуміють під технічними характеристиками електроспоживачів?
8. Поясніть режими роботи електроприймачів?
9. Поясніть режими роботи електричної мережі?
10. В яких одиницях вимірюють силу світла, світловий потік і освітленість?
11. Які види освітлення робочих місць застосовують в умовах будівництва?
12. Які джерела світла застосовують на будівельних майданчиках і підприємствах будівельної індустрії?
13. У чому полягають особливості люмінесцентних ламп?
14. Які види світильників застосовують на практиці?
15. В яких випадках застосовують прожектори?

ТЕМА 3 ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ

3.1. Розрахункові навантаження і методи їхнього визначення

Проектування системи електропостачання кожного об'єкта будівництва починається з визначення очікуваних (або розрахункових) електричних навантажень цього об'єкта, зокрема їх середніх і максимальних значень.

Середнє навантаження (або потужність) споживача за розглянутий період (добу, рік або за найбільш навантажену зміну) визначаються відповідно до виразу:

$$P_c = \frac{W}{T}, \quad (3.1)$$

де W - витрата електроенергії за розглянутий період, кВт·год; T - тривалість розглянутого періоду роботи споживача, год.

Середнє навантаження за рік використовують для визначення річних втрат електроенергії, а середнє навантаження за найбільш завантажену зміну - для визначення розрахункового максимуму навантаження.

Середні навантаження за найбільш завантажену зміну $P_{зм}$ (зазвичай денну) найчастіше визначають за формулою

$$P_{зм} = k_b \cdot P_n, \quad (3.2)$$

де k_b - коефіцієнт використання активної потужності приймача або групи приймачів; P_n - номінальна потужність приймача або групи однойменних приймачів.

Номінальну потужність приймача або групи однойменних приймачів ще називають встановленою потужністю приймача і позначають P_n .

Коефіцієнт використання для різних видів приймачів визначається на основі статистичних даних і наводиться в довідкових таблицях (див. табл.3.1). При повторно-короткочасному режимі роботи приймачів їхня номінальна потужність зводиться до тривалого режиму за паспортними даними приймача відповідно до виразу

$$P_n = P_{нач} \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (3.3)$$

де $ПВ$ - відносна тривалість включення, зумовлена співвідношенням (2.1)

Знання очікуваних (або розрахункових) максимальних навантажень системи електропостачання необхідно для вибору елементів електричних мереж за критеріями припустимого нагрівання і відхилення напруги, визначення максимальних втрат потужності в мережах, вибору трансформаторів підстанцій й елементів захисту груп споживачів і системи електропостачання в цілому.

Максимальне або розрахункове навантаження групи електроприймачів за активною потужністю (тридцятихвилинний максимум навантаження $P_{\text{макс}}$, P_p) визначається:

$$P_{\text{макс}} = k_{\Pi} P_{\text{зм}} = k_{\text{м}} k_{\text{в}} P_{\text{н}} \quad , \quad (3.4)$$

де k_{Π} , $k_{\text{м}}$, $k_{\text{в}}$ - коефіцієнти попиту, максимуму і використання відповідно.

Таблиця 3.1 – Коефіцієнти електроспоживачів

Електроспоживач	Коефіцієнт		
	$k_{\text{в}}$	$\cos\varphi$	k_{Π}
Виробництво бетону (бетонорозчинний змішувачий пристрій)	0,6 – 0,7	0,7	0,65 – 0,75
Конвеєр	0,7	0,75	0,8
Вібратор	0,7	0,75	0,6
Дозатор		0,35	0,5
Насос, вентилятор	0,64	0,75	0,8
Компресори	0,75	0,85	0,8
Пост дугової зварки (трифазна навантаження)	0,2	0,4	
Верстат для різання і виправлення дроту	0,15	0,4	
Верстат контактної зварювання (трифазне навантаження)	0,2	0,4	
Тельфер	0,1 – 0,4	0,5	

У практичних розрахунках $k_{\text{м}}$ обирають з довідкових таблиць [1.10] за загальною ефективною кількістю приймачів

$$n_E = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{\text{н.і}} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{н.і}}^2} \quad (3.5)$$

і середнім коефіцієнтом використання групи приймачів

$$k_{\text{в.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{зм.і}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{н.і}}} \quad , \quad (3.6)$$

де n - кількість приймачів.

Для $n_E < 4$ розрахункова потужність групи приймачів може бути визначена як сума їхніх номінальних потужностей

$$P_{\text{макс}} = \sum P_{\text{н}} . \quad (3.7)$$

Значення розрахункової потужності або півгодинного максимуму одного приймача визначається його номінальною потужністю з урахуванням втрат

$$P_{\text{макс}} = P_{\text{н}}/\eta , \quad (3.8)$$

де η - коефіцієнт корисної дії.

Для визначення максимального навантаження групи електроприймачів, які відрізняються як за ступенем їхнього завантаження так і за графіком роботи, можна використати формулу

$$P_{\text{макс}} = k_{\text{п}} \cdot P_{\text{н}} , \quad (3.9)$$

де $k_{\text{п}}$ - коефіцієнт попиту для розглянутої групи приймачів за активною потужністю.

Коефіцієнт попиту показує, яку частку від суми номінальних потужностей приймачів складає максимальна розрахункова потужність. Коефіцієнт попиту визначають на підставі досвіду експлуатації однойменних приймачів і наводять в довідкових таблицях (табл.3.1). Загальний коефіцієнт попиту для різних видів будівельного виробництва коливається в межах 0,3 - 0,8.

Таблиця 3.2 – Питомі витрати електроенергії на виготовлення різних будівельних матеріалів

Матеріал, виріб	Питома втрата електроенергії, кВт·год на	
	1 т	1 м ³
Цемент	2240	-
Заповнювач	90	-
Вода	22	2
Бетон	490	1100
Прокатний матеріал	8740	-
Залізобетон (при 2 %-му насиченні арматурою)	880	2200
Цегла	990	-
Будівельний розчин	420	-
Кладка	810	1500
Будівельний лісоматеріал	300	-
Столярний лісоматеріал	450	-
Електрообігрівання бетону	-	2,4

За знайденим значенням максимальної (або розрахункової) активної потужності групи однойменних приймачів легко визначити відповідні реактивні і повні потужності навантаження

$$Q_{\text{макс}} = P_{\text{макс}} \cdot \text{tg}\varphi ; \quad (3.10)$$

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{P_{\text{макс}}^2 + Q_{\text{макс}}^2} , \quad (3.11)$$

де $\text{tg}\varphi$ знаходять за середньозваженим коефіцієнтом потужності $\cos\varphi$ цієї групи приймачів (значення $\cos\varphi$ для різних груп приймачів наводять в довідкових таблицях, див. наприклад табл. 3.1)

Якщо є кілька різних груп приймачів, то їх повну максимальну (розрахункову) потужність визначають за формулою

$$S_{\text{макс}} = k_{\text{од}} \cdot \sqrt{\left(\sum_1^m P_{\text{макс}}\right)^2 + \left(\sqrt{\sum_1^m Q_{\text{макс}}^2}\right)^2} , \quad (3.12)$$

де $k_{\text{од}}$ - коефіцієнт одночасності максимумів навантаження груп приймачів, що характеризує зсув максимумів навантаження у часі (на практиці коефіцієнт одночасності приймають рівним у межах $0,85 \div 1$).

За наявності даних стосовно питомих витрат електроенергії на одиницю продукції (табл.3.2 і 3.3) і відсутності даних про встановлену потужність приймачів для попередніх оцінок застосовують метод розрахунку електричних навантажень за питомою втратою енергії на одиницю продукції.

Відповідно до цього методу споживана кількість енергії протягом року

$$W_{\text{рік}} = W_{\text{пит}} \cdot M_{\text{річ}} , \quad (3.13)$$

де $W_{\text{пит}}$ - норма витрат електроенергії на одиницю продукції, кВт·год/од. продукції; $M_{\text{річ}}$ - річний випуск продукції у натуральних одиницях.

Таблиця 3.3 – Питомі витрати електроенергії на одиницю об'єму будинку

Будинок	Конструкція	Витрати на 1 м ³	
		матеріалу, т	електроенергії кВт·год
Житлове	Крупнопанельна	0,333	290
	Кладочна	0,216	180
Цивільне	Каркас залізобетонний	0,214**	109
	Каркас сталевий	0,030***	260
Промислове одноповерхове	Залізобетонна	0,040	35
	Сталева	0,030**	260

* - середнє значення; ** - без зовнішньої огорожуючої конструкції, без перегородок; *** - без перекриттів і перегородок.

За знайденим значенням споживаної за рік енергії визначають величину максимальної (розрахункової) потужності:

$$P_{\text{макс}} = \frac{W_{\text{річн}}}{T_{\text{макс}}}, \quad (3.14)$$

де $T_{\text{макс}}$ – максимальна кількість годин використання максимуму активної потужності за рік.

За значенням максимальної активної потужності і прийнятому середньовзвішеному значенню річного коефіцієнта потужності об'єкта $\cos\phi$ можна визначити і значення повної максимальної (розрахункової) потужності устаткування об'єкта.

Максимальну (розрахункову) активну потужність електричного освітлення об'єкта зазвичай визначають за формулою

$$P_{\text{макс.о}} = k_{\text{п.о}} k_{\text{л}} P_{\text{н.о}}, \quad (3.15)$$

де $P_{\text{н.о}}$ – номінальна (установлена) потужність групи однойменних освітлювальних приладів, рівна сумі номінальних потужностей усіх ламп, кВт;

$k_{\text{л}}$ – коефіцієнт лампи, що враховує втрати в пускорегулюючій апаратурі: для люмінесцентних ламп $k_{\text{л}} = 1,25$, для ртутних $k_{\text{л}} = 1,12$, для ламп накаливання $k_{\text{л}} = 1$; $k_{\text{п.о}}$ – коефіцієнт попиту освітлювальних установок, приймається рівним:

- для виробничих будинків, що складаються з одного або кількох великих приміщень, – 0,95;
- для приміщень середньої площі – 0,9;
- для конторських, лабораторних і аналогічних приміщень – 0,9;
- для житлових приміщень – 0,7 – 0,8;
- для складів і підстанцій – 0,5 – 0,6.

Без зниження установленної потужності приймають розрахункове навантаження (тобто $k_{\text{п.о}} = 1$) для будь-яких групових ліній і ліній зовнішнього освітлення.

Розрахунок освітлювальних навантажень також може бути виконаний методом питомої потужності за формулою

$$P_{\text{макс.о}} = P_{\text{пит}} \cdot S, \quad (3.16)$$

де $P_{\text{пит}}$ – питома потужність, яка визначається за довідковими даними, кВт/м²; S – площа освітлюваного приміщення, м².

При визначенні загального навантаження об'єкта електропостачання до виразів активної і повної максимальної (розрахункової) потужності будівельного обладнання додають сумарну (розрахункову) потужність електричного освітлення

$$P_{\text{макс}} = \sum_1^n P_{\text{макс}} + \sum_1^n P_{\text{макс.о}} \quad (3.17)$$

Потім за отриманим максимальним навантаженням на стороні 0,4 кВ обирають трансформатор і остаточно визначають навантаження об'єкта з урахуванням втрат потужності і вирішують питання про компенсацію реактивної потужності.

При остаточному визначенні максимальних навантажень об'єкта алгебраїчно складають розрахункові навантаження силових і освітлювальних приймачів, компенсуючих пристроїв $Q_{к.п}$ і втрат у лініях $\Delta P_{л}$, $\Delta Q_{л}$ і трансформаторах $\Delta P_{тр}$, $\Delta Q_{тр}$ (з урахуванням негативного знака при випереджуючому струмі):

$$P_{\text{макс.пр}} = P_{\text{макс}} + P_{\text{макс.о}} + \Delta P_{л} + \Delta P_{тр} \quad (3.18)$$

$$Q_{\text{макс.пр}} = Q_{\text{макс}} + Q_{\text{макс.о}} + Q_{к.п} + \Delta Q_{л} + \Delta Q_{тр} \quad (3.19)$$

При визначенні навантажень також варто враховувати несиметричність навантаження.

Якщо несиметрія однофазного навантаження не перевищує 15 % сумарної установленної потужності трифазних приймачів, несиметричне навантаження разом із симетричним вважають за симетричне. При перевищенні однофазним навантаженням 15 % потужності трифазного навантаження, розрахунок ведуть за найбільш завантаженою фазою лінії. При цьому, оскільки трансформатор лінії буде недовантаженим, його потужність або номінальне значення струму за найбільш завантаженою фазою можна зменшити відповідно до виразу коефіцієнта припустимого перевантаження у несиметричному режимі [1.10]:

$$k_n = \frac{I_{л}}{I_{н.т}} = \frac{1,53}{1 + 0,45 \cdot \left[1 + \left(\frac{I_A}{I_C} \right)^2 + \left(\frac{I_C}{I_A} \right)^2 \right]}, \quad (3.20)$$

де I_A - струм найбільш завантаженої фази; $I_{н.т}$ - номінальний струм фази трансформатора; I_B і I_C - струми в двох інших фазах.

Нормативні вимоги до визначення розрахункових електричних навантажень житлових будинків, громадських будинків та споруд викладені у розділі 4 БДН В. 5-23-2003 [1.1]. Далі, у п.3.2 і 3.3 наведені основні положення цих вимог.

3.2. Навантаження житлових будинків

Основними споживачами електричної енергії в житлових будинках є житла (квартири), які залежно від оснащеності побутовими електроприладами та їх розрахункових навантажень умовно поділяють на три види:

1 – у будинках масового будівництва із загальною площею від 35 до 95 м² та заявленою (встановленою) потужністю електроприймачів до 30 кВт;

2 – у багатоквартирних будинках із загальною площею від 100 до 300 м² та заявленим замовником високим рівнем комфортності, що відповідає встановленій потужності електроприймачів від 30 до 60 кВт;

3 – у котеджах, будинках в розрахунку, як правило, на одну родину із загальною площею від 150 до 600 м² та заявленим замовником високим рівнем комфортності, що відповідає встановленій потужності електроприймачів від 60 до 140 кВт.

Для жител 1-го виду (квартир у багато- та малоквартирних будинках, будинків на одну родину і будиночків на ділянках садівничих товариств) встановлюються п'ять рівнів електрифікації та відповідні їм нормативні розрахункові питомі навантаження:

I – житла (квартири) з плитами на природному газі;

II – житла (квартири) плитами на скрапленому газі;

III – житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 8,5 кВт;

IV – житла (квартири) з електричними плитами потужністю до 10,5 кВт;

V – будиночки на ділянках садівничих товариств.

Для жител 2-го виду встановлюються два рівні електрифікації та відповідні їм нормативні розрахункові питомі навантаження:

I – житла з плитами на природному газі;

II – житла з електричними плитами потужністю до 10,5 кВт.

Розрахункове навантаження групи жител з однаковим питомим електричним навантаженням, приведене до лінії живлення, вводу в житловий будинок, шин напругою 0,4 кВ ТП $P_{ЖН}$, визначають за формулою

$$P_{ЖН} = P_{Жн} \cdot N, \quad (3.21)$$

де $P_{Жн}$ – питоме розрахункове електричне навантаження одного житла (квартири), яке вибирається залежно від прийнятого рівня електрифікації та кількості квартир, приєднаних до даної ланки електромережі, кВт/житло (див.табл.4.1 у [1.1]); N – кількість жител (квартир), приєднаних до вводу, лінії, ТП.

Питомі розрахункові електричні навантаження жител охоплюють навантаження освітлення загальнобудинкових приміщень.

Для вибору засобів обліку і апаратів захисту загальнобудинкових споживачів сумарне розрахункове навантаження освітлення загальнобудинкових приміщень $P_{ос.заг}$ рекомендується визначати за формулою

$$P_{ос.заг} = (P_{сх.кл} + P_{л.хол} + P_{кор} + P_{вест}) + 0,5 \cdot P_{інш} \quad (3.22)$$

де $P_{сх.кл}$, $P_{л.хол}$, $P_{кор}$, $P_{вест}$ – розрахункові навантаження освітлення відповідно сходових кліток, ліфтових холів, коридорів, вестибюлю, кВт; $P_{інш}$ – інші розрахункові навантаження освітлення (сміттєві камери, горища, технічні підлогові простори, підвали тощо), кВт.

Зазначимо, що загальнобудинкове силове навантаження, освітлювальне і силове навантаження вбудованих (прибудованих) приміщень громадського призначення, навантаження реклами, а також навантаження системи протиобліднення даху на основі нагрівальних кабелів в наведений вище розрахунок не входить.

Для жител 3-го виду рівень електрифікації не має обмежень, визначається Замовником і може включати повне електроопалення та електропідігрівання води. Розрахункове навантаження на їх вводі визначають відповідно до завдання на проектування за проектом внутрішнього електрообладнання залежно від параметрів застосовуваних приладів, режимів їх роботи та відповідних тепло-технічних розрахунків.

Потужність електротеплоаккумуляційних систем повного опалення на передпроектних стадіях орієнтовно визначають з розрахунку 200-300 Вт на 1 м² загальної площі житла (у період мінімальних навантажень енергосистеми).

Допускається в попередніх розрахунках визначати питоме навантаження на вводі такого житла (котеджу) $P_{\text{кт.п}}$ за формулою

$$P_{\text{кт.п}} = P_{\text{заяв(ус)}} \cdot K_{\text{поп}}, \quad (3.23)$$

де $P_{\text{заяв(ус)}}$ - заявлена (встановлена) потужність електроприймачів, яку визначають додаванням номінальних потужностей електропобутових та освітлювальних приладів, систем електричного опалення та електроводопідігрівання, що ними оснащується житло (котедж), кВт; $K_{\text{поп}}$ - коефіцієнт попиту, що визначається за табл. 3.6 [1.1, табл. 4.2] залежно від величини заявленої потужності електроприймачів у житлі.

Таблиця 3.6

Заявлена потужність, кВт	До 15	20	30	40	50	60	70	80	90	100 і більше
Коефіцієнт попиту для котеджів без повного електроопалення	0,75	0,65	0,63	0,59	0,55	0,53	0,50	0,47	0,46	0,45
Коефіцієнт попиту для котеджів з повним електроопаленням постійного включення	-	-	-	0,75	0,70	0,65	0,63	0,62	0,62	0,61

Розрахункове навантаження ліній живлення та на шинах 0,4 кВ ТП від електроприймачів жител (котеджів) 3-го виду з однаковими питомими навантаженнями на вводі $P_{\text{кт}_N}$ попередньо можна визначати за формулою

$$P_{\text{кт}_N} = P_{\text{ж}_n} \cdot N \cdot K_{\text{од}}, \quad (3.24)$$

де $P_{\text{ж}_n}$ – питоме навантаження на вводі одного певного типу житла (котеджу), кВт/житло (котедж); N – кількість жител (котеджів), приєднаних до даної ланки мереж; $K_{\text{од}}$ – коефіцієнт одночасності, що визначається за табл. 3.7 [1.1, табл.4.3] відповідно до кількості жител (котеджів) та їх характеристик.

Таблиця 3.7

Характеристика котеджу	Значення коефіцієнта одночасності $K_{од}$ при кількості жител (котеджів)												
	1	3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400
3 плитами на природному газі	1	0,65	0,51	0,38	0,32	0,28	0,26	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11
3 електроплитами потужністю до 10,5 кВт	1	0,81	0,50	0,38	0,32	0,29	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13
Те саме та повним електроопаленням пл. 150 м ²	1	0,87	0,65	0,56	0,52	0,50	0,49	0,47	0,44	0,42	0,41	0,40	0,39
Те саме та повним електроопаленням пл. 300 м ²	1	0,90	0,73	0,66	0,63	0,62	0,60	0,59	0,57	0,55	0,54	0,53	0,52
Те саме та повним електроопаленням пл. 600 м ²	1	0,93	0,81	0,77	0,75	0,74	0,73	0,72	0,70	0,69	0,68	0,675	0,67
<i>Примітка. Коефіцієнти одночасності для всіх котеджів подані з врахуванням проточних електроводопідігрівальних приладів. Для котеджів з електроопаленням значення $K_{од}$ подані для режиму постійного включення електроопалювальних приладів протягом опалювального сезону і не дійсні для електротепло-акумуляційних систем, що працюють в період мінімальних навантажень системи.</i>													

Розрахункове навантаження від жител з різними питомими розрахунковими електричними навантаженнями $P_{ж.різ}$, зведене до лінії живлення, вводу в житловий будинок, шин 0,4 кВ ТП, визначають за формулою

$$P_{ж.різ} = (P_{жП1} - P_{жП3}) \cdot N_1 \cdot K_{од1} + (P_{жП2} - P_{жП3}) \cdot N_2 \cdot K_{од(1+2)} + P_{жП3} \cdot (N_1 + N_2 + N_3) K_{од(1+2+3)}, \quad (3.25)$$

де $P_{жП1}, P_{жП2}, P_{жП3}$ – питомі розрахункові навантаження на ввіді жител (квартир, котеджів) різновидів “1”, “2”, “3”, кВт (найбільшому значенню присвоюється номер “1”, найменшому – останній номер);

$N_{1, 2, 3}$ – кількість жител (квартир, котеджів) відповідних різновидів;

$K_{од1}$ – коефіцієнт одночасності, визначений за табл. 3.7 для кількості жител “1” різновиду;

$K_{од(1+2)}$ – коефіцієнт одночасності, визначений за табл. 3.7 для сумарної кількості жител “1” та “2” різновидів;

$K_{од(1+2+3)}$ – коефіцієнт одночасності, визначений за табл. 3.7 для сумарної кількості жител “1”, “2” і “3” різновидів.

Якщо розрахункове навантаження на ввіді в житло будь-якого виду складає більше 11,0 кВт, ввід виконують трифазним.

Розрахункове навантаження силових електроприймачів житлового будинку, приведене до вводу, лінії або шин напругою 0,4 кВ ТП, $P_{\text{сил}}$ визначають за формулою

$$P_{\text{сил}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{лі}} \cdot K_{\text{нон.лі}} + \sum_{j=1}^m P_{\text{сан.}j} \cdot K_{\text{нон.сан.}j}, \quad (3.26)$$

де $P_{\text{лі}} \dots P_{\text{лі}}$ – встановлена потужність електродвигуна кожного з ліфтів за паспортом, кВт;

$K_{\text{нон.лі}}$ – коефіцієнт попиту для ліфтів, що визначається за табл. 3.8 [1.1, табл.4.4] залежно від кількості ліфтових установок та кількості поверхів будинку;

$P_{\text{сан.1}} \dots P_{\text{сан.m}}$ – встановлена потужність кожного електродвигуна сантехнічних установок за їх паспортами, кВт;

$K_{\text{нон.сан.}j}$ – коефіцієнт попиту для електродвигунів сантехнічних установок, що визначається за табл. 4.10.

Таблиця 3.8 – Коефіцієнти попиту для ліфтових установок

Кількість ліфтових установок	$K_{\text{нон.л}}$ - для будинків заввишки	
	до 12 поверхів	12 і більше поверхів
2 – 3	0,80	0,90
4 – 5	0,70	0,80
6	0,65	0,75
10	0,50	0,60
20	0,40	0,50
25 і більше	0,35	0,40
<i>Примітка. Коефіцієнт попиту для кількості ліфтових установок, не вказаної в таблиці, визначається інтерполяцією.</i>		

Потужність резервних електродвигунів, механізмів для прибирання загально-будинкових приміщень та протипожежних установок при розрахунку навантажень ліній живлення та вводів у будівлю не враховується, за винятком тих випадків, коли вона визначає вибір захисних апаратів і перетинів провідників.

Для розрахунку ліній живлення одночасно працюючих електроприймачів протипожежних пристроїв $K_{\text{нон.пр}}$ приймається рівним 1. При цьому враховують одночасну роботу вентиляторів димовидалення і підпирання повітря, розташованих лише в одній секції.

Значення розрахункових коефіцієнтів потужності ($\cos \varphi$) і реактивного навантаження ($\tan \varphi$) житлових будинків приймають за табл. 3.9 [1.1, табл. 4.5].

Таблиця 3.9

Лінія живлення	Розрахункові коефіцієнти	
	потужності ($\cos \varphi$)	реактивного на- вантаження ($\tan \varphi$)
Квартири з електричними плитами	0,98	0,20
Квартири з електричними плитами і побу- товими кондиціонерами повітря	0,93	0,40
Квартири з плитами на природному, зрід- женому газі, на твердому паливі	0,96	0,29
Квартири з плитами на природному, зрід- женому газі, твердому наливі та з побуто- вими кондиціонерами повітря	0,92	0,43
Загальнобудинкове освітлення: з лампами розжарювання; те саме з люмінесцентними лампами	1 0,92	0,00 0,43
Господарські насоси, вентиляційні уста- новки та інші санітарно-технічні пристрої	0,80	0,75
Ліфти	0,65	1,17

Розрахункове навантаження ліній живлення, введів і на шинах 0,4 кВ ТП від загального освітлення гуртожитку коридорного типу визначають з урахуванням коефіцієнта попиту K_{non} , прийнятого відповідно до встановленої потужності світильників, $P_{св,yc}$ наведено нижче:

до	5	кВт	включно	-	1,00;
понад	5	до	10 кВт	включно	- 0,90;
“	10	“	15 кВт	“	- 0,85;
“	15	“	25 кВт	“	- 0,80;
“	25	“	50 кВт	“	- 0,70;
“	50	“	100 кВт	“	- 0,65;
“	100	“	200 кВт	“	- 0,60;
“	200	кВт			- 0,55.

Розрахункове навантаження групових ліній та ліній живлення від електроприймачів, що підключаються до розеток у гуртожитках коридорного типу, $P_{розN}$ визначають за формулою

$$P_{розN} = P_{пит} \cdot N_{роз} \cdot K_{од,роз}, \quad (3.27)$$

де $P_{пит}$ – питома потужність на 1 розетку при кількості розеток до 100 приймається 0,1 кВт, понад 100 – 0,06 кВт;

$N_{роз}$ – кількість розеток;

$K_{од. роз}$ - коефіцієнт одночасності для мережі розеток, що визначається залежно від кількості розеток [1.1]:

до	10	розеток	включно	-	1,00;
понад	10	до	20 кВт	включно	- 0,90;
“	20	“	50 кВт	“	- 0,80;
“	50	“	100 кВт	“	- 0,70;
“	100	“	200 кВт	“	- 0,60;
“	200	“	400 кВт	“	- 0,50;
“	400	“	600 кВт	“	- 0,40;
“	650				- 0,35.

Розрахункове навантаження ліній живлення, введів і на шинах 0,4 кВ ТП від побутових підлогових електричних плит $P_{плN}$ гуртожитків коридорного типу визначають з формулою

$$P_{плN} = P_{пл_{ус}} \cdot N_{пл} \cdot K_{ноп_{пл}}, \quad (3.28)$$

де $P_{пл_{ус}}$ – установлена потужність електроплити, кВт; $N_{пл}$ - кількість електроплит; $K_{ноп_{пл}}$ – коефіцієнт попиту, зумовлений кількістю приєднаних плит, необхідно приймати: 1 – при одній плиті; 0,9 – при двох плитах; 0,4 – 20; 0,2 – 100; 0,15 – для 200 електроплит.

Розрахункове навантаження введів і на шинах 0,4 кВ ТП при змішаному живленні від них загального освітлення, розеток, кухонних електричних плит і приміщень громадського призначення в гуртожитках коридорного типу визначають як суму розрахункових навантажень ліній живлення, помножену на 0,75.

Розрахункове навантаження житлового будинку в цілому (від жител, силових електроприймачів та вбудованих чи прибудованих приміщень) за умови, коли найбільшою складовою є навантаження від жител, $P_{буд.ж}$ визначають за формулою

$$P_{буд.ж} = P_{ж} + 0,9P_{сил} + \sum_{i=1}^n P_{гр} \cdot K_{y+n}, \quad (3.29)$$

де $P_{ж}$ – розрахункове навантаження електроприймачів жител (квартир), кВт;

$P_{сил}$ – розрахункове навантаження силових електроприймачів житлового будинку, кВт;

$P_{гр1} \dots P_{грn}$ – розрахункові навантаження вбудованих чи прибудованих громадських приміщень, кВт, що живляться від електрощитової житлового будинку (визначаються за методикою, викладеною в п.3.3), кВт.

$K_{y1} \dots K_{y+n}$ – коефіцієнти участі в максимумі навантаження квартир і силових електроприймачів житлового будинку, навантажень вбудованих і прибудованих приміщень що визначаються за [1.1, табл. 4.13].

3.3. Розрахунок навантаження громадських будинків та споруд

Розрахункове навантаження ліній, що живлять робоче освітлення громадських будинків (приміщень) та споруд, адміністративних і побутових будинків (приміщень) підприємств, $P_{oc.p}$ визначають за формулою

$$P_{oc.p} = P_{oc.p_{yc}} + K_{non_{oc.p}}, \quad (3.30)$$

де $P_{oc.p_{yc}}$ – установлена потужність робочого освітлення, кВт; $K_{non_{oc.p}}$ – коефіцієнт попиту робочого освітлення залежно від його встановленої потужності.

Коефіцієнти попиту для розрахунку навантажень робочого освітлення мережі і вводів громадських, адміністративних і побутових будинків (приміщень) приймають за табл. 3.10 [1.1, табл. 4.6].

Таблиця 3.10

Організації, підприємства та установи	$K_{non_{oc.p}}$ залежно від установленної потужності робочого освітлення, кВт							
	10	15	25	50	100	200	400	Понад 500
Готелі, спальні корпуси й адміністративні приміщення санаторіїв, будинків відпочинку, пансіонатів, турбаз, дитячих таборів; побутові будинки підприємств	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,35	0,30	0,30
Підприємства громадського харчування, дитячі ясла-сади, навчально-виробничі майстерні профтехучилищ	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,50
Організації і установи управління, адміністративні будинки підприємств, установи фінансування, кредитування і страхування, загальноосвітні школи, спеціальні навчальні заклади, навчальні корпуси профтехучилищ, підприємства побутового обслуговування, торгівлі, перукарні	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
Проектні, конструкторські організації, науково-дослідні інститути	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65
Актові зали, конференц-зали (освітлення залу і президії), спортзали, культові заклади	1	1	1	1	1	—	—	—
Клуби і будинки культури	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,55	—	—
Кінотеатри	0,90	0,80	0,70	0,65	0,60	0,50	—	—
Примітка. Коефіцієнт попиту для встановленої потужності робочого освітлення, не зазначеної у таблиці, визначається інтерполяцією								

Коефіцієнт попиту для розрахунку групової мережі робочого освітлення, мереж живлення і групових мереж аварійного освітлення будинків, освітлення вітрин і світлової реклами приймають рівним 1.

Коефіцієнти попиту для розрахунку електричних навантажень ліній, що живлять постановне освітлення в залах, клубах і будинках культури, приймають рівними 0,35 для регульованого освітлення естради і 0,2 – для нерегульованого.

Розрахункове електричне навантаження ліній, що живлять розетки, $P_{роз_N}$ визначають за формулою

$$P_{роз_N} = P_{роз_{yc}} \cdot N_{роз} + K_{non_{рез}}, \quad (3.31)$$

де $P_{роз_{yc}}$ – установлена потужність розетки, що приймається 0,08 кВт (у тому числі для підключення оргтехніки); $N_{роз}$ – кількість розеток; $K_{non_{рез}}$ – розрахунковий коефіцієнт попиту, прийнятий за табл. 3.11 [1.1, табл. 4.7].

Таблиця 3.11

Організації, підприємства й установи	Коефіцієнт попиту розеток K_{non}		
	групові мережі	мережі живлення	вводи будинків
Організації й установи управління, адміністративні будинки підприємств, проектні і конструкторські організації, науково-дослідні інститути, установи фінансування, кредитування і страхування, загальноосвітні школи, спеціальні навчальні заклади, навчальні корпуси профтехучилищ	1	0,2	0,1
Готелі, обідні зали ресторанів, кафе та їдалень, підприємства побутового обслуговування, побутові будинки підприємств, бібліотеки, архіви	1	0,4	0,2

При змішаному живленні загального освітлення і розеткової мережі розрахункове навантаження $P_{зм}$ визначають за формулою

$$P_{зм} = P_{заг} + P_{роз}, \quad (3.32)$$

де $P_{заг}$ – розрахункове навантаження ліній загального освітлення, кВт;

$P_{роз}$ – розрахункове навантаження розеткової мережі, кВт.

Розрахункове навантаження силових ліній живлення і вводів $P_{сил}$ визначають з формулою

$$P_{сил} = P_{ел_{yc}} \cdot K_{non_{сил}}, \quad (3.33)$$

де $P_{ел_{yc}}$ – установлена потужність електроприймачів (крім протипожежних і резервних пристроїв), кВт;

$P_{non_{сил}}$ – розрахунковий коефіцієнт попиту.

Коефіцієнти попиту для розрахунку навантаження вводів і ліній силових електричних мереж визначають за [1.1, табл. 4.8].

Розрахункове навантаження ліній живлення технологічного устаткування і посудомийних машин підприємств громадського харчування і харчоблоків $P_{заг.т}$ визначають за формулою

$$P_{заг.т} = P_{пм} + 0,65 P_{тех.об} \geq P_{тех.об} , \quad (3.34)$$

де $P_{пм}$ – розрахункове навантаження посудомийних машин, визначене з коефіцієнтом попиту, що приймається за табл. 3.12 [1.1, табл. 4.11], кВт;

$P_{тех.об}$ – розрахункове навантаження технологічного обладнання, визначене з коефіцієнтом попиту, що приймається за табл. 3.13 [1.1, табл. 4.9].

Таблиця 3.12

Кількість посудомийних машин	1	2	3
Коефіцієнт попиту, $K_{поп_{пм}}$	$\frac{1,00}{0,65}$	$\frac{0,90}{0,60}$	$\frac{0,85}{0,55}$
Примітка. У чисельнику наведені $K_{поп_{пм}}$ для посудомийних машин, що працюють від мережі холодного водопостачання, у знаменнику - від мережі гарячого водопостачання.			

Таблиця 3.13

Кількість електроприймачів теплового устаткування підприємств громадського харчування і харчоблоків, підключених до цього елемента мережі	2	3	5	8	10	15	20	30	Від 60 до 100	Більше 125
$K_{поп_{сил}}$ для технологічного обладнання	0,90	0,85	0,75	0,65	0,60	0,50	0,45	0,40	0,30	0,25
Примітка. До технологічного обладнання слід відносити: теплове (електричні плити, марміти, сковороди, жарильні і кондитерські шафи, казани, кип'ятильники, фритюрниці тощо); механічне (тістомісильні машини, універсальні приводи, хліборізки, вібростата, коктейлезбивалки, м'ясорубки, картоплекістки, машини для різання овочів тощо); дрібне холодильне (шафи холодильні, побутові холодильники, низькотемпературні прилавки і тому подібні пристрої з одиничною потужністю менше ніж 1 кВт); ліфти, підйомники та інше устаткування (касові апарати, радіоапаратура тощо).										

Сумарне розрахункове навантаження ліній живлення і силових вводів підприємств громадського харчування $P_{під}$ визначають за формулою

$$P_{під} = P_{тех.об} + 0,6 P_{сан} , \quad (3.35)$$

де $P_{сан}$ – розрахункове навантаження ліній сантехнічного устаткування чи холодильних машин.

Розрахункове навантаження силових вводів підприємств громадського харчування при підприємствах, організаціях і установах, що обслуговують осіб, які постійно працюють в установі, а також при навчальних закладах, визначають за формулою (3.35) з коефіцієнтом 0,7.

Навантаження розподільних ліній електроприймачів прибиральних механізмів для розрахунку перетинів провідників і уставок захисних апаратів приймають рівним 9 кВт і при напрузі 380/220 В і 4 кВт - при напрузі 220 В. При цьому встановлену потужність одного прибирального механізму, що приєднується до трифазної розетки, приймають рівним 4,5 кВт, а до однофазної - 2 кВт.

Розрахункове електричне навантаження конференц-залів і актових залів у всіх елементах мережі будівель визначають за найбільшим з навантажень - освітлення залу і президії, кінотехнології чи освітлення естради.

У розрахункове навантаження кінотехнологічного устаткування конференц-залів і актових залів включають потужність одного найбільшого кінопроекційного апарата з його випрямною установкою і потужність працюючої звукопідсилювальної апаратури з коефіцієнтом попиту рівним 1. Якщо в кінопроекційній встановлена апаратура для кількох форматів екрана, то в розрахункове навантаження включається апаратура найбільшої потужності.

Розрахункове навантаження силових вводів будівель (приміщень), що належать до одного комплексу, але мають різне функціональне призначення (навчальні приміщення і майстерні ПТУ, спеціальні навчальні заклади і школи; перукарні, ательє, ремонтні майстерні комбінатів побутового обслуговування; громадські приміщення і обчислювальні центри тощо), приймають з коефіцієнтом розбіжності максимумів їхніх навантажень рівним 0,85. При цьому сумарне розрахункове навантаження повинне бути не меншим за розрахункове навантаження найбільшої з груп споживачів.

Розрахункове навантаження ліній живлення і вводів у робочому та післяаварійному режимах при спільному живленні силових електроприймачів і освітлення $P_{заг}$ визначають за формулою

$$P_{заг} = K (P_{ос} + P_{елмс} + P_{xc} \cdot K_1), \quad (3.36)$$

де K - коефіцієнт, що враховує розбіжність розрахункових максимумів навантажень силових електроприймачів, включаючи холодильне устаткування і освітлення, прийнятий за табл. 3.14 [1.1, табл. 4.12];

$P_{ос}$ - розрахункове навантаження освітлення, кВт;

$P_{елмс}$ - розрахункове навантаження силових електроприймачів без холодильних машин систем кондиціонування повітря, кВт;

P_{xc} - розрахункове навантаження холодильного устаткування систем кондиціонування повітря, кВт;

K_1 - коефіцієнт, що залежить від відношення розрахункового навантаження освітлення до навантаження холодильного устаткування холодильної станції, прийнятий за приміткою 3 до табл. 3.14 [1.1, табл. 4.12].

Таблиця 3.14

Будівлі	Коефіцієнт K при відношенні розрахункового навантаження освітлення до силового, %												
	від 20 до 75 включно	більше 75 до 140 включно	більше 140 до 250										
Підприємства торгівлі і громадського харчування, готелі, побутові будинки підприємств	0,90(0,85)	0,85 (0,75)	0,90 (0,85)										
Загальноосвітні школи, спеціальні навчальні заклади, профтехучилища	0,95	0,90	0,95										
Дитячі ясла-садки	0,85	0,80	0,85										
Ательє, комбінати побутового обслуговування, хімчистки з пральнями самообслуговування, перукарні	0,85	0,75	0,85										
Організації й установи управління, фінансування і кредитування, адміністративні будинки підприємств, проектні та конструкторські організації	0,95 (0,85)	0,90 (0,75)	0,95 (0,85)										
<p>Примітка 1. При відношенні розрахункового освітлювального навантаження до силового до 20 і більше 250% коефіцієнт K приймають рівним 1.</p> <p>Примітка 2. У дужках наведений коефіцієнт K для будинків і приміщень з кондиціонуванням повітря.</p> <p>Примітка 3. Коефіцієнт K_1 при відношенні розрахункового навантаження освітлення до розрахункового навантаження холодильного устаткування холодильної станції, %:</p> <table><tr><td>1</td><td>до 15 %</td></tr><tr><td>0,8</td><td>20 %</td></tr><tr><td>0,6</td><td>50%</td></tr><tr><td>0,4</td><td>100%</td></tr><tr><td>0,2</td><td>більше 150%</td></tr></table> <p>При цьому коефіцієнт попиту для проміжних співвідношень визначається інтерполяцією. У розрахунковому і навантаженні освітлення не враховуються навантаження приміщень без природного освітлення</p>				1	до 15 %	0,8	20 %	0,6	50%	0,4	100%	0,2	більше 150%
1	до 15 %												
0,8	20 %												
0,6	50%												
0,4	100%												
0,2	більше 150%												

Коефіцієнти потужності для розрахунку силових мереж будівель приймають такими:

Підприємства громадського харчування:

а) повністю електрифіковані 0,98

б) частково електрифіковані (із плитами на газоподібному і твердому паливі) 0,95

Продовольчі та промтоварні магазини 0,85

Ясла-садки:

а) з електрифікованими харчоблоками 0,98

б) без електрифікованих харчоблоків 0,90

Загальноосвітні школи

а) з електрифікованими харчоблоками 0,95

б) без електрифікованих харчоблоків	0,90
Фабрики-хімчистки з пральнями самообслуговування	0,75
Навчальні корпуси професійно-технічних училищ	0,90
Навчально-виробничі майстерні з металообробки та деревообробки	0,60
Готелі:	
а) без ресторанів	0,85
б) з ресторанами	0,90

Будинки і установи управління, фінансування, кредитування та страхування, адміністративні будинки підприємств, проектні та конструкторські організації

Перукарні та салони-перукарні

Ательє, комбінати побутового обслуговування, побутові будинки підприємств

Холодильне устаткування підприємств торгівлі і громадського харчування, насоси, вентилятори і кондиціонери повітря при потужності електродвигунів, кВт:

а) до 1

б) від 1 до 4 включно

в) понад 4

Ліфти та інше підймальне обладнання

Обчислювальні машини (без технологічного кондиціонування повітря)

Коефіцієнти потужності для розрахунку мереж освітлення слід приймати, лампами:

люмінесцентними

розжарювання

ГЛВД з компенсованими ПРА

те саме з некомпенсованими ПРА

газоосвітлювальних рекламних установок

Примітка 1. Застосування світильників з люмінесцентними лампами з некомпенсованими ПРА в зазначених будівлях не допускається, крім однолампових світильників потужністю до 30 Вт, що мають коефіцієнт потужності 0,5.

Примітки 2. При спільному живленні лінією розрядних ламп і ламп розжарювання коефіцієнт потужності визначається з урахуванням сумарних активних і реактивних навантажень.

Розрахункове навантаження лінії живлення (ТП) при спільному електропостачанні цивільних будівель (приміщень) різного призначення P_{Σ} визначають за формулою

$$P_{\Sigma} = P_{\Sigma_{\max}} + P_{\Sigma 1} \cdot K_1 + P_{\Sigma 2} \cdot K_2 + \dots + P_{\Sigma n} \cdot K_n, \quad (3.37)$$

де $P_{\Sigma_{\max}}$ – найбільше з навантажень будівель (приміщень), що живляться лінією (ТП), кВт;

$P_{\delta 1} \dots P_{\delta n}$ – розрахункові навантаження всіх інших будівель (приміщень), крім будинку, що має найбільше навантаження $P_{\delta_{\max}}$, які живляться лінією (ТП), кВт;

$K_1, K_2 \dots K_n$ — коефіцієнти, що враховують частку електричних навантажень будівель (приміщень) громадського призначення і житлових будинків у найбільшому розрахунковому навантаженні $P_{\delta_{\max}}$ прийняті за [1.1, табл. 4.13].

Попередні орієнтовні розрахунки електричних навантажень будівель (приміщень) громадського призначення допускається виконувати за укрупненими питомими електричними навантаженнями, що наведені в Додатку 2 [1.1, табл. 4.14].

Контрольні запитання і завдання

1. Як визначається середнє навантаження за більш завантаженою зміну?
2. Як визначається ефективна кількість електроприймачів?
3. Що розуміють під розрахунковим навантаженням групи електроприймачів?
4. Що характеризує коефіцієнт попиту електроприймача?
5. Поясніть сутність розрахунку навантаження за методом питомих втрат?
6. Як визначається максимальна активна потужність електричного освітлення?
7. Яка різниця між потужностями на високій і низькій сторонах трансформатора?
8. Який документ визначає порядок розрахунку електричних навантажень житлових і громадських будинків?
9. На які групи поділяються житла за ознакою оснащення побутовими приладами?
10. Скільки рівнів електрифікації встановлюють ДБН В.2.5-23-2003 для жител 2-го виду?
11. Як залежить коефіцієнт попиту житла від заявленої потужності електроприймачів у житлі?
12. Поясніть фізичну сутність коефіцієнта одночасності?
13. Поясніть характер зміни коефіцієнту попиту ліфтових установок в залежності від числа поверхів і кількості ліфтових установок у будинку?
14. Поясніть основні особливості розрахунку навантаження громадських будинків?
15. Поясніть характер зміни коефіцієнту попиту для розрахунку робочого освітлення громадських, адміністративних і побутових будинків?
16. Як визначається розрахункове навантаження ліній, що живлять розетки у громадських і адміністративних будинках?
17. Як визначається розрахункове навантаження ліній живлення технологічного устаткування і посудомийних машин?

ТЕМА 4

ПОБУДОВА СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МІСТ

4.1. Загальні вимоги до системи електропостачання

4.1.1. Концепція системи електропостачання. Система електропостачання міста історично формується і розвивається разом з містом. З розвитком міста розвивається перспективна схема електропостачання і схема розвитку електричних мереж міста, які будуються на основі вже існуючої системи електропостачання, з урахуванням можливостей джерел живлення (потужності електростанцій на території міста і потужності підстанцій енергосистеми, що забезпечують місто електричною енергією). У генеральному плані міста разом з будівництвом нових об'єктів (підприємств, житлових і громадських будинків і таке ін.) передбачається територія для об'єктів системи електропостачання: трансформаторних підстанцій, розподільних пунктів, повітряних і кабельних ЛЕП, тощо.

Питання електропостачання міста вирішуються комплексно, з урахуванням можливостей використання ТП і РП системи електропостачання міста для живлення електроприймачів, розташованих на території міста.

Система електропостачання міста повинна відповідати таким вимогам:

- система забезпечує встановлену ПУЕ безперебійність електропостачання для електроприймачів усіх наявних категорій;
- система забезпечує усі можливі режими роботи (нормальні, аварійні, післяаварійні, ремонтні);
- система має необхідну гнучкість і резерв для подальшого розвитку;
- усі елементи системи, як правило, постійно знаходяться у роботі, а при виході з ладу будь-яких елементів їх навантаження беруть на себе ті елементи, які залишилися в роботі;
- забезпечується потрібна якість електричної енергії.

До складу системи електропостачання міста входять:

- електропостачальні мережі напругою 35 кВ і вище разом з районними понижуючими підстанціями (ПС) та підстанціями глибокого вводу (ПГВ); шини 10 (6) кВ цих підстанцій є центрами живлення (ЦЖ) розподільних мереж міста;
- живлячі мережі 10(6) кВ разом з лініями від ЦЖ до РП або трансформаторної підстанції (ТП), розподільні пункти та зв'язки між ними;
- розподільні мережі 10(6) кВ разом з лініями між РП і ТП;
- трансформаторні міські підстанції напругою 10(6)/0,4 кВ;
- розподільні мережі 0,4 кВ разом із зовнішніми мережами від ТП до вводів у будинки і внутрішні електромережі в будинках.

У системах електропостачання користуються такою термінологією [1.1, 1.3, 1.7, 1.8].

Глибокий ввід - наближення вищої напруги до центрів навантаження споживачів з найменшою кількістю ступенів трансформації і апаратів;

Незалежне джерело живлення - джерело, на якому зберігається напруга при втраті її на інших джерелах, що живлять певний об'єкт. Незалежним джерелом живлення може бути інша електростанція, підстанція або секція шин РП чи ТП, якщо кожна з них, в свою чергу, одержує живлення від різних джерел;

Розподільний пункт (РП) - підстанція, призначена для приймання та розподілу електроенергії без трансформації напруги. При цьому на РП може бути встановлений трансформатор (або трансформатори) для живлення невеликої частини споживачів електроенергії, розташованих поблизу РП.

Ввід - повітряна або кабельна лінія, призначена для з'єднання зовнішньої розподільної мережі з внутрішньою електропроводкою будинку або електроустановкою, розміщеною у будинку.

Системи електропостачання міст і населених пунктів повинні відповідати їх величині, структурі розміщення навантажень і перспективам розвитку без кардинальної перебудови. При проектуванні системи електропостачання намагаються використовувати більш прості схеми розподілу електричної енергії і застосовувати підвищені напруги, підстанції максимально наближати до центрів електричних навантажень районів міста, застосовувати схеми глибоких вводів.

Для великих і середніх міст розроблена "ідеальна" система електропостачання [7, 8], що найбільшою мірою задовольняє усі вимоги. Цю систему покладено в основу побудови систем електропостачання найбільших міст у нашій країні і в більшості інших країн. За цієї системи в місті використовуються напруги 110, 10 та 0,4 кВ, а останнім часом і вищі. Схема цієї системи зображена на рис. 4.1.

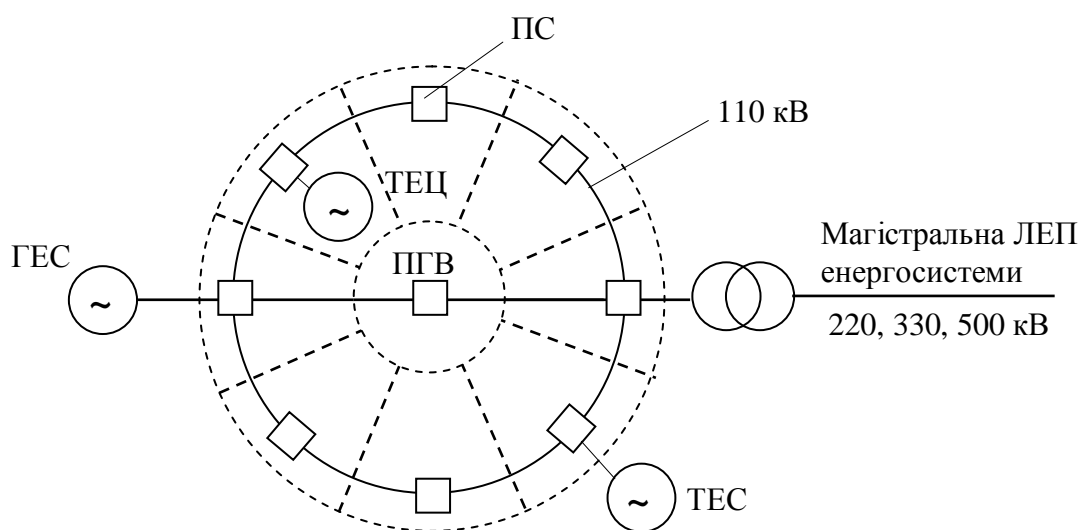


Рис. 4.1 – "Ідеальна" схема електропостачання міста

Мережа 110 кВ виконана у вигляді кільця, що оточує місто. Для електропостачання центральної частини міста передбачається потужна підстанція глибокого вводу 110/10 кВ, яка живиться по діаметральній кабельній лінії, що прокладена через центр міста.

Джерела електроенергії, розташовані в місті (ТЕЦ) та за його межами (ТЕС, ГЕС, лінії енергосистеми), віддають енергію безпосередньо в кільце. З допомогою кільця здійснюється паралельна робота усіх джерел живлення. Кільцеві підстанції 110/10 кВ, розташовані в центрах навантаження, живлять розподільні мережі 10 кВ кожна в своєму секторі.

Загальна пропускна спроможність кільця 110 кВ повинна задовольняти умові збереження електропостачання міста на випадок виходу з ладу окремих елементів. При зростанні навантаження міських споживачів енергії пропускна спроможність мережі 110 кВ може зростати як за рахунок багаторазового повторення кільця з різними радіусами, так і за рахунок спорудження додаткових діаметральних зв'язків.

У перспективі замість кільця 110 кВ можуть споруджуватися кільця вищої напруги, а кільце 110 кВ може розмикатися і його підстанції перетворюватимуться на підстанції глибокого вводу.

4.1.2. Напруги міських мереж обираються з урахуванням: концепції розвитку міста; найменшої кількості ступенів трансформації електричної енергії; технічних характеристик джерел живлення, щільності і величини навантажень тощо. У будь-яких випадках завжди прагнуть скоротити кількість трансформацій електроенергії. Для більшості міст найбільш доцільною є система напруг 220-110/10 кВ, для найбільших міст 500/220-110/10 кВ або 330/110/10 кВ. В існуючих мережах варто прагнути до заміни мереж напругою 35 кВ на напругу 110 або 220 кВ.

Для міських розподільних мереж рекомендується застосовувати напругу не нижче 10 кВ. Напруга 6 кВ ще застосовується в існуючих мережах, але по можливості ці мережі при реконструкції і розширенні переводять на напругу 10 кВ.

Перспективним є застосування у міських розподільних мережах великих міст напруги 20 кВ. Її використання повинне бути обґрунтовано техніко-економічними розрахунками.

Мережі до 1 кВ виконуються на напругу 380 В. Напруга 660 В застосовується в розподільних мережах промислових підприємств.

4.2. Електропостачальні мережі у містах

З допомогою електропостачальної мережі здійснюється паралельна робота джерел живлення і вона ж використовується для розподілу енергії серед районів міста.

Для великих міст електропостачальна мережа виконана у вигляді кільцевої або магістральної мережі з двостороннім живленням (джерела живлення – підстанції енергосистеми або електричні станції). Виконання у вигляді кільця забезпечує надійну та гнучку систему електропостачання міста, а також досить економічний розвиток електропостачальної мережі при збільшенні навантаження окремих районів міста.

Напруга кільцевої мережі визначається розмірами міста. Для великих і найбільших міст мережа виконується на напругу 110 – 220 кВ і більше. Існуючі мережі напругою 35 кВ переводяться на напругу 110 кВ.

Кільцева мережа 110 кВ повинна бути з'єднана по мережі зовнішнього електропостачання не менше ніж з двома територіально віддаленими, незалежними джерелами живлення через різні опорні підстанції. Лінії зв'язку кільцевої мережі з опорними підстанціями повинні споруджуватися по різних трасах.

На рис. 4.2, як приклад, показано схему електропостачальної мережі міста у вигляді кільця ліній напругою 35 кВ і вище з глибокими вводами. Усі лінії кільця і глибоких вводів виконуються подвійними або дволанцюговими для забезпечення резерву живлення споживачів першої та другої категорій. До кільця підключають лінії розподільної мережі міста (на рис. 4.2. не показані). У разі потреби (появи нових споживачів) пропускну здатність кільцевої мережі збільшують або підключенням нових джерел живлення (ТЕЦ-2), або спорудженням

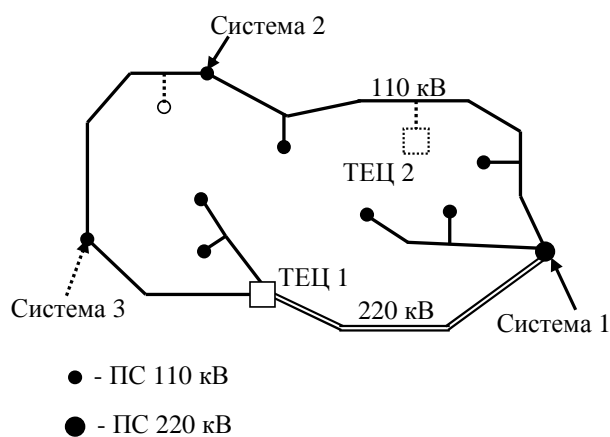


Рис. 4.2 – Електропостачальна схема міста

додаткових ліній у кільці на тій самій або вищій напрузі. На рис. 4.2 ділянка мережі 220 кВ вже представлена.

Підстанції глибокого вводу використовують не тільки для електропостачання районів міста, але й для живлення промислових підприємств, розташованих у місті. Лінії глибокого вводу можуть відходити від кільцевих підстанцій і від будь-якої ділянки кільця відпайкою.

На усіх підстанціях електропостачальної мережі та підстанціях глибокого вводу встановлюють не менше двох трансформаторів за умови надійності живлення усіх споживачів електроенергії міста.

Схеми виконання підстанцій електропостачальної мережі різні залежно від їхнього призначення. Найскладніші схеми опірних підстанцій кільцевої мережі, що одержують електроенергію від системи на напрузі вищій ніж напруга кільця. Підстанції глибокого вводу, як правило, виконують за спрощеними схемами. Найпростішими є схеми підстанцій при живленні радіальними тупико-

вими лініями, в яких безперебійність живлення здійснюється за рахунок роботи **автоматичного включення резерву (АВР)** на сторонах 10 та 0,4 кВ.

4.3. Живлячі мережі 10(6) кВ

Живляча мережа є проміжною ланкою між джерелом живлення і розподільною мережею і призначена для концентрованої передачі потужності в районі, віддалені від ПГВ і опорних підстанцій. До складу живлячих мереж входять РП і ЛЕП.

Доцільність спорудження РП у кожному конкретному випадку визначається техніко-економічними розрахунками. Застосування РП допускається [1.1, 1.6] при навантаженні на їх шинах не менше 7 МВт для напруги 10 кВ (не менше 4 МВт для напруги 6 кВ).

У наш час при збільшенні потужностей трансформаторів міських підстанцій до 630 та 1000 кВА наявність цієї проміжної ланки не завжди доцільна і часто вигідніше жити міські ТП безпосередньо від центрів живлення розподільними лініями 10(6) кВ.

У системах електропостачання промислових підприємств, навпаки, за великих навантажень введення до схеми РП, як правило, виявляється вигідним. Але в заводських мережах не прийнято поділяти мережі 10(6) кВ на живлячі та розподільні, тому що вони складають єдину систему внутрішнього електропостачання підприємства.

Згідно з ДБН В.2.5-23-2003 [1.1], живлячі мережі та РП міст повинні споруджуватися з урахуванням сумісного живлення промислових підприємств і прилеглих до них районів міста з комунально-побутовими споживачами електроенергії. Це дозволяє використати незбіг в часі максимумів навантаження для збільшення пропускної здатності системи.

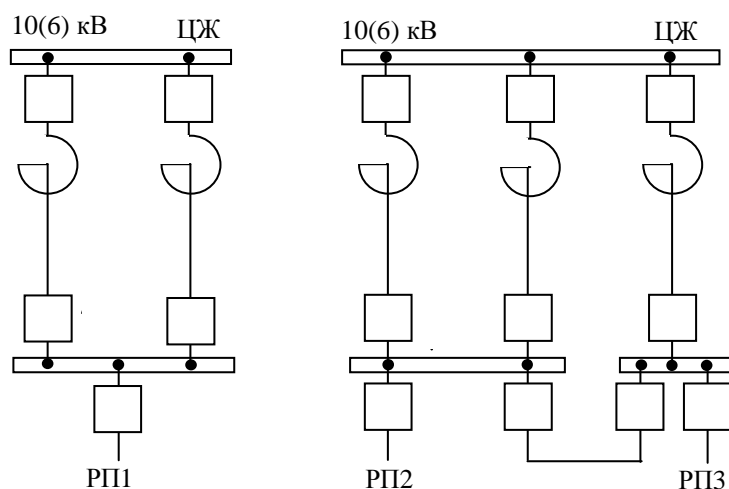


Рис. 4.3 – Живлячі мережі з паралельною роботою ліній

Використовують живлячі мережі міст з паралельною та роздільною роботою ліній.

При паралельній роботі ліній (рис. 4.3) вони всі підключаються до однієї секції шин РП підстанції або ЦЖ, тому що інакше секції шин ТП або ЦЖ будуть зашунтовані лініями, що відходять, і втратять свою незалежність.

При роздільній роботі ліній між ними улаштовують апаратуру АВР, і вони підключаються до різних секцій шин РП, або ЦЖ, або до різних джерел живлення, як показано на рис. 4.4.

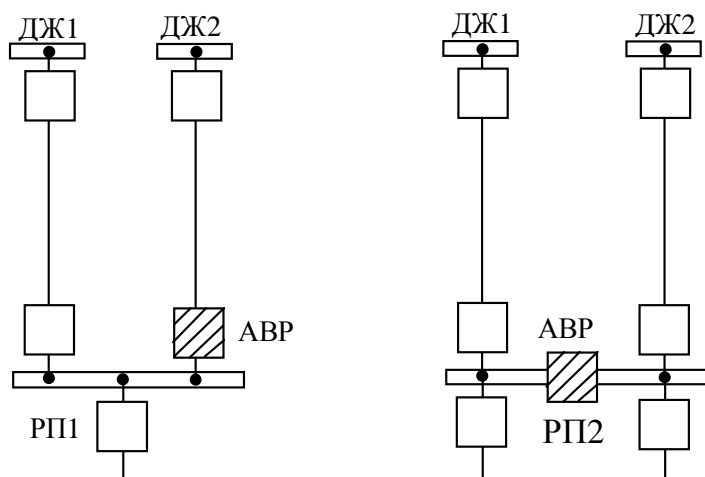


Рис. 4.4 – Живлячі мережі з роздільною роботою ліній

Використовують також комбіновані схеми живлячих мереж. У всіх випадках в живлячих мережах для кращого використання шкафів розподільних пристроїв на РП або ЦЖ прагнуть використовувати кабелі максимального перерізу (185 або 240 мм²) і навіть застосовують здвоєні та спарені лінії.

Здвоєними називають лінії з двох кабелів, які підключаються паралельно

на обох кінцях лінії. **Спареними** називають лінії, кабелі яких підключаються на ЦЖ під один вимикач, але йдуть кожний на різні РП або ТП.

4.4. Розподільні мережі 10(6) кВ

Схема побудови мережі визначає спосіб комутації її ліній, умови резервування її окремих елементів, розрахункові режими роботи мережі, особливості конструктивного виконання ТП і використання засобів захисту і автоматики. Нижче відмічені особливості деяких з поширених схем міських розподільних мереж 10(6) кВ.

4.4.1. Петльова мережа. У міських мережах досить поширені петльові лінії 10(6) кВ з двостороннім живленням. Схема такої мережі зображена на рис. 4.5. За нормальних умов ці лінії працюють в розімкненому режимі, причому точка розімкнення знаходиться поблизу точки струморозподілу.

Переріз петльових ліній визначають за умов двостороннього живлення усіх ТП при виході з ладу будь-якого кабеля, що відходить від ЦЖ.

Петльова схема має досить високі техніко-економічні показники, її прийняття для електропостачання міст не потребує будь-яких техніко-економічних обґрунтувань для споживачів другої та третьої категорій.

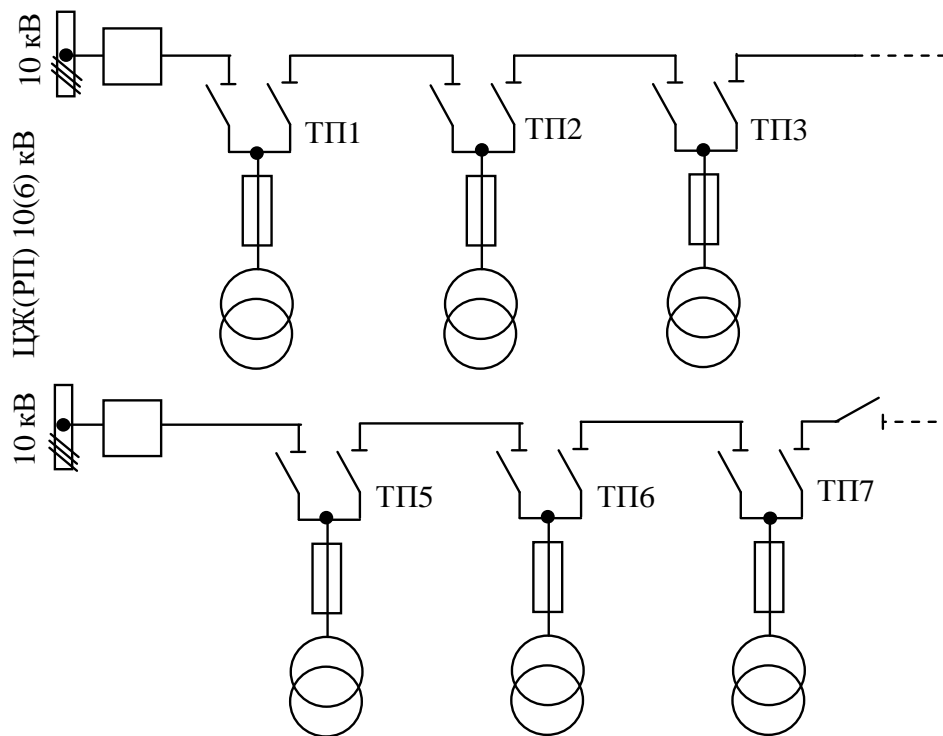


Рис. 4.5 – Схема петльової розподільної мережі

4.4.2. Двопроменева мережа з АВР на стороні 10(6) кВ зображена на рис.4.6. У цій схемі однострансформаторні підстанції підключаються по чергові до ліній Л1 та Л2. На кожній ТП АВР реалізується з допомогою вимикачів навантаження ВН-16, один з яких має заводську конструкцію і постійно ввімкнений, другий - має змінену конструкцію (переставлена пружина так, що вона діє не на вимкнення, а на вмикання апарата) і постійно вимкнений.

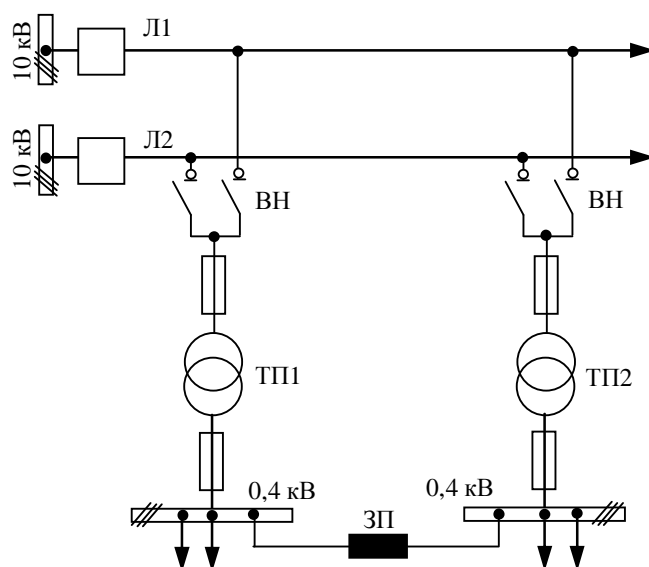


Рис. 4.6 – Двопроменева мережа з АВР на стороні 10(6) кВ

У двопроменевої схемі в нормальному режимі навантаження лінії не перевищує 65% їх нормальної пропускної здатності, тому що навантаження в аварійному режимі повинно перевищувати 130%.

Для часткового резервування живлення споживачів на стороні 0,4 кВ влаштовують ремонтний зв'язок з розділом у так званому **з'єднаний пункт (ЗП)**. Ці лінії нормально знаходяться у розімкненому режимі і розраховані на резервування до 20% навантаження найбільш важ-

ливих електроприймачів. Паралельна робота трансформаторів через мережу 0,4 кВ у цій схемі не передбачається і перемички використовуються тільки при вимкненні частини трансформаторів у період провалу навантаження на короткий час.

Двопроменева мережа з АВР на стороні 10(6) кВ використовується для живлення споживачів другої і третьої категорії

4.4.3. Двопроменева мережа з АВР на стороні 0,4 кВ. У цій схемі використовуються двотрансформаторні підстанції. Кожний трансформатор, як показано на рис. 4.7, одержує живлення по своїй лінії (незалежне живлення). Кожний трансформатор несе свою частину навантаження, а при виході з ладу однієї з ліній або одного з трансформаторів другий трансформатор бере на себе все навантаження підстанції. Це

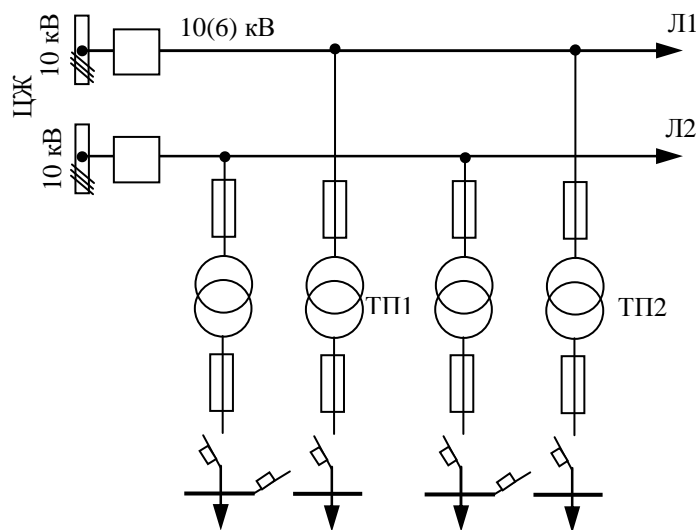


Рис. 4.7 – Двопроменева мережа з АВР на стороні 0,4 кВ

забезпечується спеціальною схемою АВР на стороні 0,4 кВ.

За завантаженням ліній у нормальному режимі (до 65%) ця схема не відрізняється від попередньої, а за вартістю дорожча, тому що використовуються двотрансформаторні підстанції. Надійність цієї схеми вища, ніж попередньої, і її можна використовувати для електроприймачів другої та першої категорій.

4.4.5. Багатопроменева розподільна мережа. Схема може бути виконана з трьома, чотирма або більшою кількістю ліній. У разі трипроменевої схеми

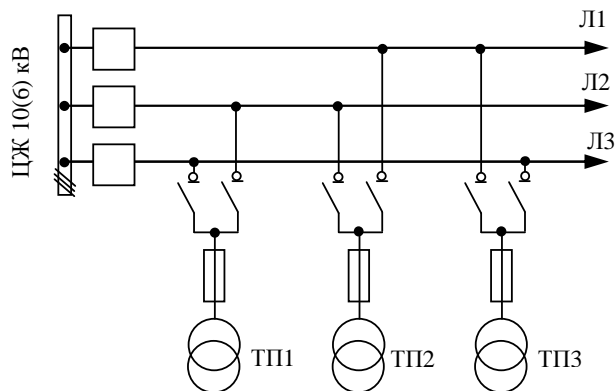


Рис. 4.8 – Трипроменева мережа

(рис. 4.8) пропускна здатність ліній зростає до 75%, а при чотирипроменевій - до 85% номінального завантаження лінії, бо чим більше взаємно резервуючих одна одну ліній, тим менша частка перевантаження припадає на кожну з ліній при виході з ладу однієї з ліній.

Підстанції у цій схемі приймаються одностансформаторними, АВР здійснюється на кожній підстанції на стороні 10(6) кВ за

допомогою вимикачів навантаження ВН-16, один з яких має заводську конструкцію, а другий - переставлену пружину. За надійністю схема використовується для споживачів другої та третьої категорій. За техніко-економічними показниками ця схема краща, ніж двопроменева, тому що краще використовується пропускна здатність ліній у нормальному режимі.

На промислових підприємствах ця схема не застосовується, а в міських мережах досить широко поширена. Це пов'язано з тим, що в міських мережах і на промислових підприємствах різні співвідношення між навантаженнями та довжиною мереж 10 (6) кВ.

4.5. Розподільні мережі 0,4 кВ

Розрізняють дві групи міських розподільних мереж 0,4 кВ: розподільні мережі від ТП до вводу в будинки (зовнішні мережі) та розподільні мереже-всередині будинків. Схеми розподілу електроенергії в житлових і громадських будинках будуть розглянуті в темах 5 і 6. Розглянемо основні схеми зовнішнього електропостачання будинків.

Для електропостачання споживачів третьої категорії використовуються одинарні радіальні або магістральні лінії (рис. 4.9).

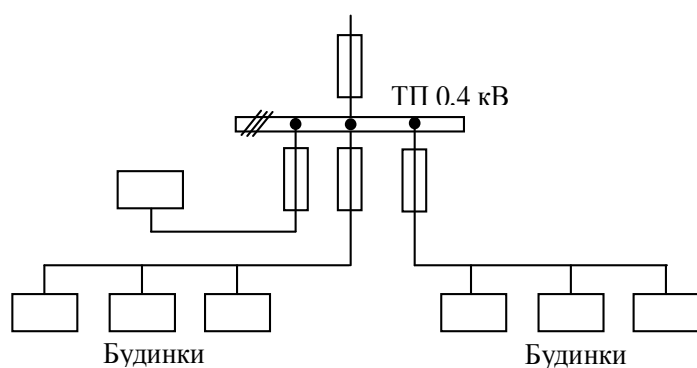


Рис. 4.9 – Електропостачання споживачів третьої категорії

Мережі у цьому разі мають одностороннє живлення, і резервні елементи відсутні.

Для електропостачання споживачів другої та третьої категорій використовують неавтоматизовані двопроменеві (рис. 4.10) або петльові (рис. 4.11) мережі 0,4 кВ двостороннього живлення.

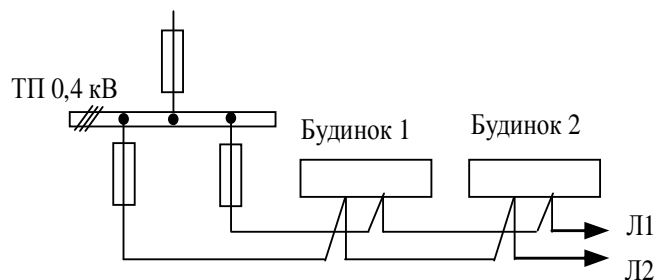


Рис. 4.10 – Двопроменева мережа 0,4 кВ

При влаштуванні АВР на стороні 0,4 кВ (якщо лінії Л1 та Л2 живляться від різних джерел) двопроменева схема може використовуватися і для споживачів першої категорії.

Петльові мережі 0,4 кВ підключаються обома кінцями до однієї або до різних трансформаторних підстанцій і працюють у розімкненому режимі.

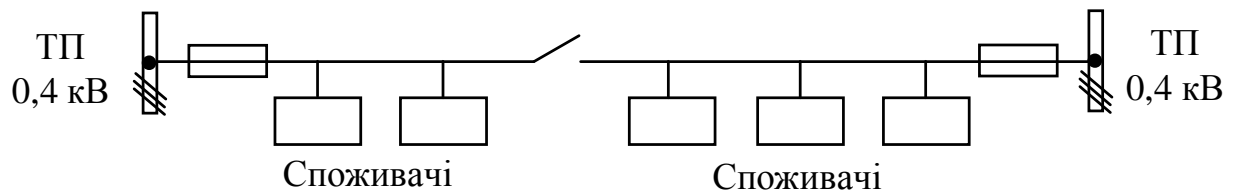


Рис. 4.11 – Петльова мережа 0,4 кВ

При виході з ладу будь-якої ділянки мережі черговий персонал локалізує пошкоджену ділянку і відновлює живлення усіх споживачів з одного або другого кінця петлі.

При великому розвитку петльових ліній 0,4 кВ у містах і при великій щільності навантаження використовують поздовжньо-замкнутий та напівзамкнутий режими роботи петльової мережі (рис. 4.12).

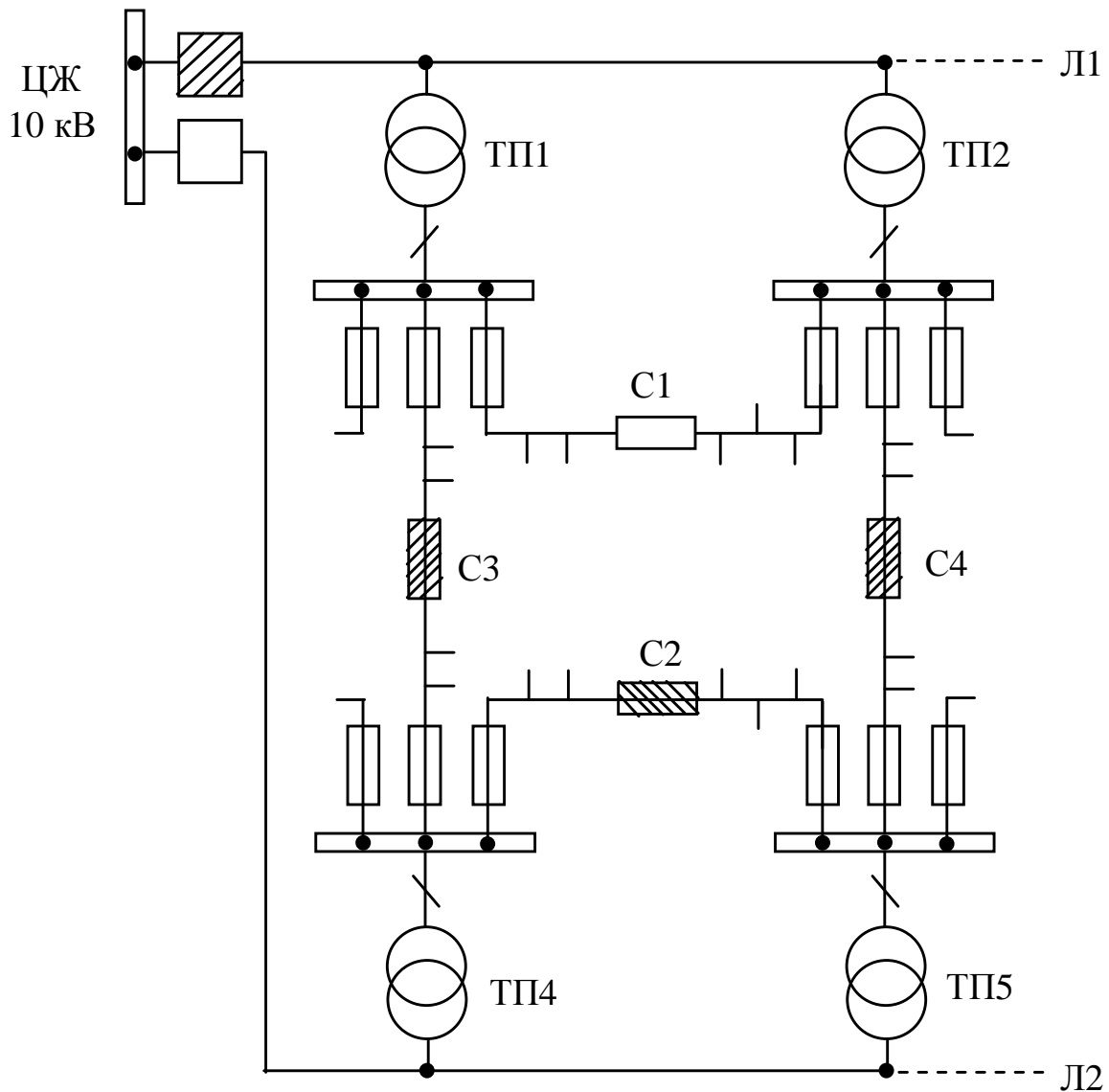


Рис. 4.12 – Поздовжно-замкнута петльова схема

При поздовжньо-замкненому режимі в точках струморозподілу петльових ліній С1 та С2 замість комутаційного апарата ставлять запобіжники з плавкими вставками, на 1-2 ступені меншими, чим вставки запобіжників на ТП на початку ліній. Це так званий слабкий зв'язок між лініями. Таким чином, трансформатори, які живляться по одній лінії (Л1 або Л2), виявляються увімкненими на паралельну роботу зі сторони 0,4 кВ.

Якщо запобіжники слабого зв'язку встановлюються і на з'єднувальних пунктах С3 та С4, утворюється напівзамкнений режим роботи петльової мережі 0,4 кВ.

При поздовжньо-замкненій і напівзамкненій петльових мережах безперебійність електропостачання підвищується тільки в періоди провалів навантаження. Якщо ж, наприклад, в період максимуму навантаження вийде з ладу трансформатор ТП, запобіжники слабого зв'язку С1 та С3 перегорять і споживачі електроенергії, підключені до ліній, які відходять від ТП1, втратять живлення, але тим самим буде припинено розвиток аварії.

Замкнена схема має високу надійність електропостачання, проста у розвитку, але для свого влаштування вимагає мало не вдвічі більшої кількості кабельної продукції.

Контрольні запитання і завдання

1. Яким вимогам повинна відповідати система електропостачання міста?
2. Поясніть склад системи електропостачання міста?
3. Поясніть схему "ідеальної" системи електропостачання міста?
4. Які напруги і в яких випадках застосовуються в міських електромережах?
5. Що розуміється під глибоким вводом?
6. АВР і в яких схемах воно застосовується?
7. Які схеми живлячих мереж і в яких випадках застосовуються у містах?
8. Поясніть роботу петльової схеми?
9. Поясніть роботу двопроменевої схеми?
10. Поясніть роботу двопроменевої схеми з АВР на низькій стороні?
11. Поясніть роботу трипроменевої схеми?
12. Поясніть особливості одинарних радіальних і магістральних ліній 0,4 кВ?
13. Робота двопроменевої мережі 0,4 кВ?
14. Робота петльової мережі 0,4 кВ?

ТЕМА 5

РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЖИТЛОВИХ БУДИНКАХ

5.1. Внутрішні розподільні мережі в будинках

Сучасні внутрішні розподільні мережі в будинках, особливо в багатосекційних висотою понад 16 поверхів, досить складні. У таких будинках ліфти, протипожежні системи (насоси, вентилятори димовидалення та подачі свіжого повітря), протипожежна автоматика та огорожувальні вогні належать до першої категорії [1.1]. Тому до безперебійності електропостачання таких будинків ставлять особливі вимоги.

У нашій країні найчастіше використовують розімкнені мережі з одностороннім живленням, які простіші за своєю конструкцією порівняно із замкненими і потребують для свого спорудження менше кабельної продукції. Схема такої мережі зображена на рис. 5.1,а.

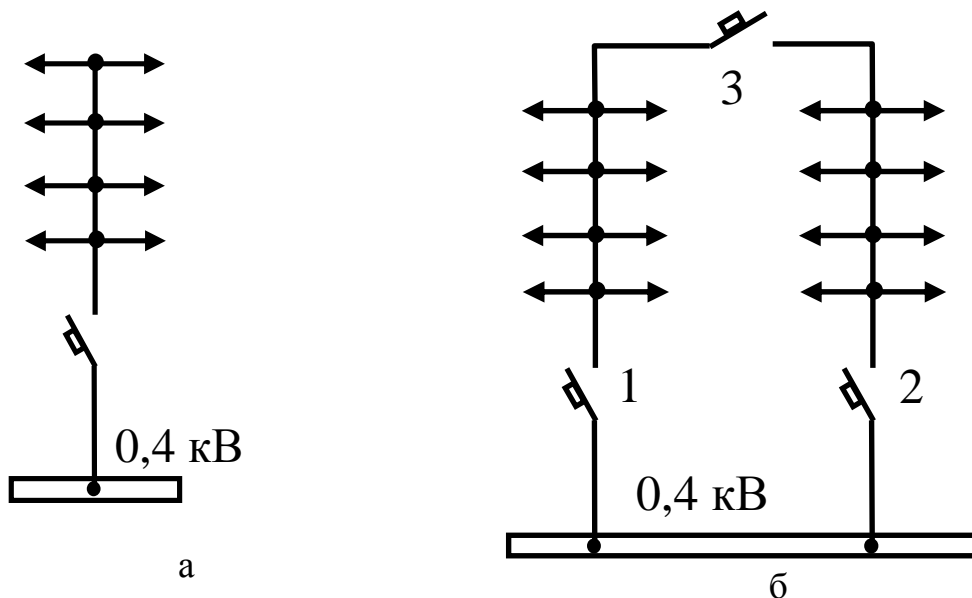


Рис. 5.1 – Схема вводу в житловий будинок:

а – розімкнена; б - замкнена

За кордоном іноді використовують замкнені мережі (рис. 5.1,б), в яких через наявність автомата слабкого зв'язку 3 між стояками точка струморозподілу може автоматично переміщуватися, що зменшує вплив асиметрії навантаження у фазах і покращує якість напруги. Крім того, у такій замкненій мережі дещо зменшується максимум навантаження. При аварії в будь-якій точці мережі, в першу чергу, вимикається автомат 3, уставка якого менше уставок автоматів 1 і 2. Потім вимикається автомат на пошкодженій ділянці мережі, а непошкоджена частина мережі залишається в роботі. Розширення замкнених мереж у нашій країні стримує дефіцит автоматів, які можуть забезпечити чітку селективність у роботі й вимикаючу здатність, тому що струми короткого замикання у замкнених мережах зростають. Збільшується в замкнених мережах і витрата кабельної продукції.

5.1.1. Схеми введів у житлові будинки висотою до 5 поверхів включно

Для живлення таких будинків за відсутності в квартирах електроплит застосовують магістральні петльові схеми з резервною перемичкою або без неї. Така найпростіша схема кабельної мережі показана на рис. 5.2. Резервна перемичка 8 підключається при виході з ладу кожної з живлячих ліній 9 або 10, що повинні розраховуватися за проходженням по ним струму аварійного режиму і за припустимими втратами напруги.

При проектуванні такої схеми враховується припустиме перевантаження кабелів (залежить від марки і умов прокладки) у післяаварійному режимі і припустимі втрати напруги.

Якщо врахувати, що житлові будинки висотою до 5 поверхів відносять до III категорії надійності, то улаштування резервної перемички не є обов'язковим. Але у великих містах зі складними умовами розкопування кабельних траншей усунення аварії протягом доби буває досить складним, тому прокладку резервної перемички довжиною не більш 70 - 80 м вважають доцільною.

До недоліків схеми (рис. 5.2) слід віднести:

- в нормальному режимі резервна перемичка не використовуються;
- при відключенні однієї з живлячих ліній, наприклад 9, електропостачання всіх будинків здійснюється по кільцю, у результаті чого навіть при підвищених припустимих втратах напруги іноді доводиться збільшувати перетин кабелів.

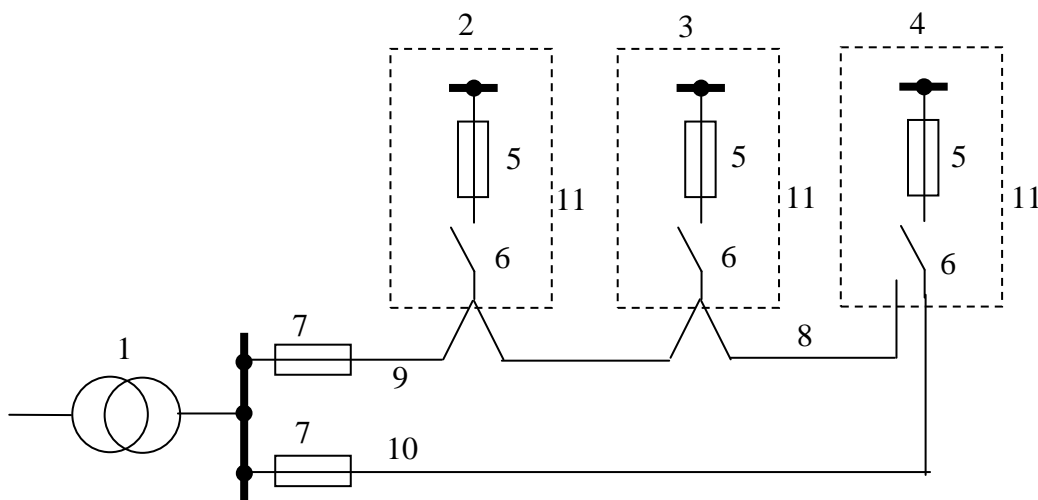


Рис. 5.2 – Схема живлення житлових будинків висотою до 5 поверхів з резервною перемичкою:

1 - ТП; 2, 3, 4 - житлові будинки; 5, 7 - запобіжники; 6 - рубильники;
8 - резервна перемичка; 9, 10 - живлячі лінії; 11 – ВРП.

На рис. 5.3 наведена модифікація описаної схеми, в якій на вводах у будинки замість рубильників встановлюють перемикачі. При аварії однієї з живлячих ліній ця схема в ряді випадків виявляється більш економічною. Недоліком схеми є деяке ускладнення ввідного пристрою і подовження живлячих ліній. Крім того, у кожен будинок (крім тупикового) доводиться заводити вже не два,

а чотири кабелі. Схема зручна при забудові в лінію, але менш економічна при інших планувальних рішеннях.

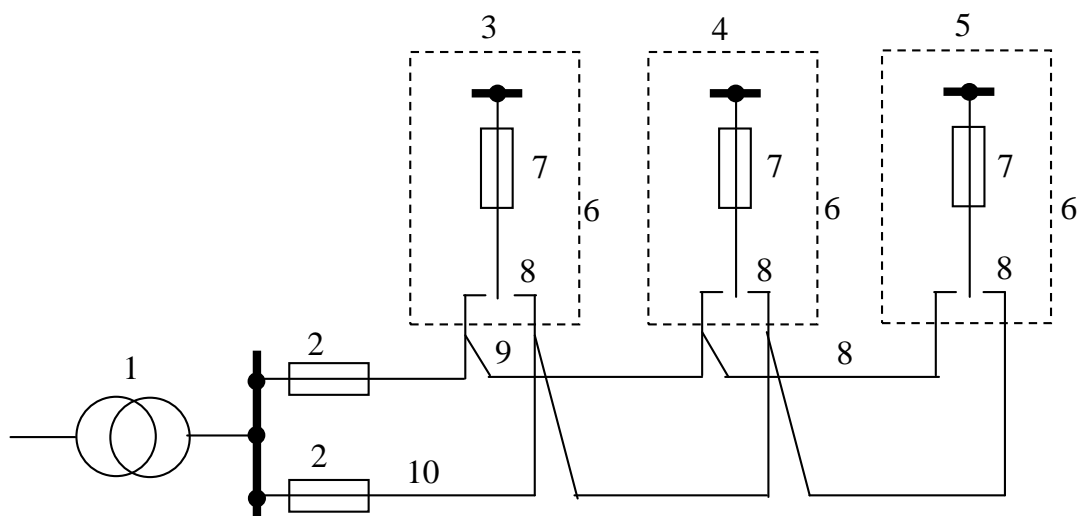


Рис 5.3 – Схема живлення житлових будинків висотою до 5 поверхів з перемикачами на вводах:

1- ТП; 2, 7 - запобіжники; 3, 4, 5 - житлові будинки;
6 - ВРП; 8 - перемикачі; 9, 10 – живлячі лінії.

У невеликих містах і селищах, де широко застосовують повітряні лінії, резервування не потрібно, тому що несправність може бути швидко виявлена й усунута.

5.1.2. Схеми введів у житлові будинки висотою 9 - 16 поверхів виконуються як радіальними, так і магістральними з перемикачами на вводах (рис. 5.4).

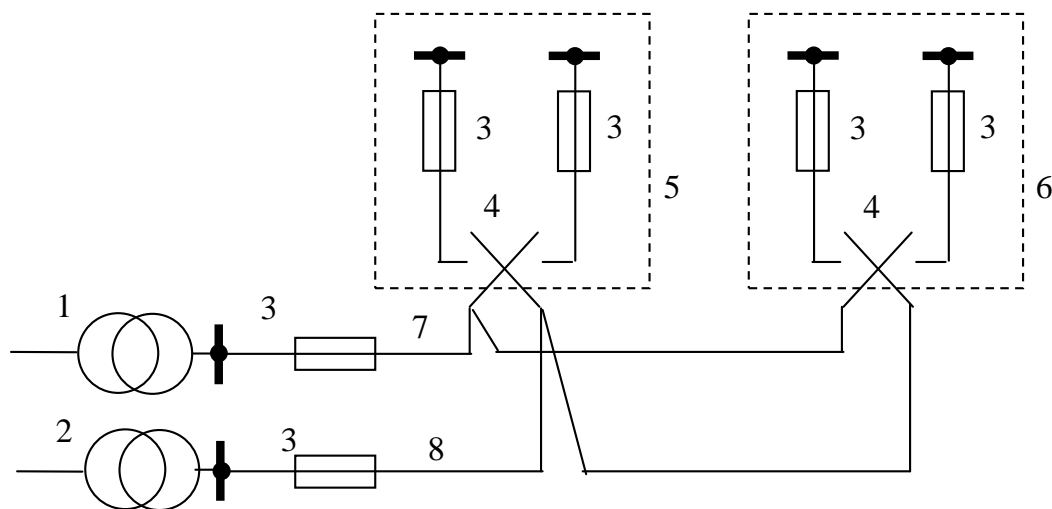


Рис. 5.4 -- Схема живлення житлових будинків висотою 9 ÷ 16 поверхів із двома перемикачами на вводах:

1, 2 – трансформатори; 3 – запобіжники; 4 – перемикачі;
5, 6 – ВРП; 7, 8 – живлячі лінії.

При цьому зазвичай одна з живлячих ліній використовується для приєднання електроприймачів квартир і загального освітлення загальбудинкових приміщень (підвал, сходові клітки, холи, горища, зовнішнє освітлення тощо); інша живляча лінія призначена для підключення ліфтів, протипожежних пристроїв, евакуаційного й аварійного освітлення, елементів диспетчеризації і кодових замків на дверях під'їздів.

При виході з ладу однієї з живлячих ліній усі електроприймачі будинку підключаються до лінії, що залишилася в роботі, яка розрахована з урахуванням припустимих перевантажень при аварійному режимі. Перебій у живленні споживачів у випадку цієї схеми продовжується зазвичай не більше 1 год, тобто часу, необхідного для виклику чергового електромонтера, який і здійснює потрібні перемикання на ВРП.

Схема може бути використана і для будинків висотою до 5 поверхів, обладнаних квартирними електроплитами.

Для живлення будинків висотою 9 - 16 поверхів з електроплитами, а також багатосекційних будинків з великою кількістю квартир з газовими плитами доводиться застосовувати три або більше живлячих ліній (вводів).

На рис. 5.5 приведені схеми живлення житлових будинків із трьома вводами. Перший ввід резервує другий, другий резервує третій і третій резервує перший (рис. 5.5,а); модифікація цієї схеми наведена на рис. 5.5,б, де перший і другий вводи взаємно резервують один одного, а третій ввід резервується від першого. Така схема зручна при ремонті однієї зі зборок низької напруги на підстанції. Однак у цьому випадку на один кабель припадає все навантаження будинку, і в цьому винятковому випадку частина електроприймачів відключається на період ремонту.

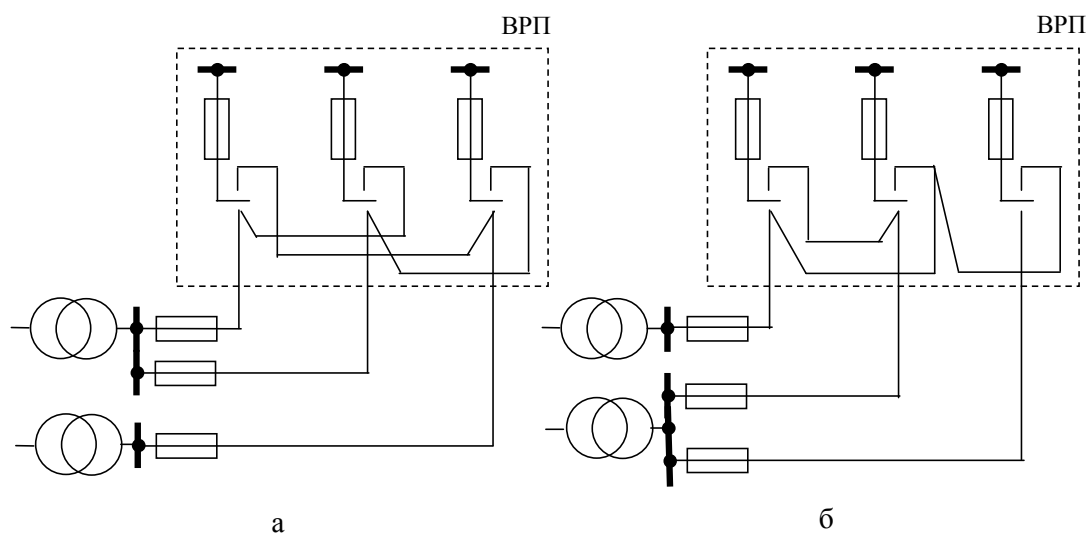


Рис. 5.5 – Схема живлення будинків висотою 9 ÷ 16 поверхів з трьома вводами

5.1.3. Схеми вводів у житлові будинки висотою 17 поверхів і вище. При побудові схеми живлення житлових будинків 17 - 25 поверхів і більше необхідно враховувати, що ліфти, евакуаційне й аварійне освітлення, вогні світлового огороження, протипожежне устаткування відносять до електроприймачів

першої категорії за надійністю електропостачання. Для таких будинків застосовуються радіальні схеми з АВР на вводах, до силових вводів приєднуються і протипожежні пристрої, вогні світлового огороження, евакуаційне й аварійне освітлення. Відповідна схема показана на рис. 5.6.

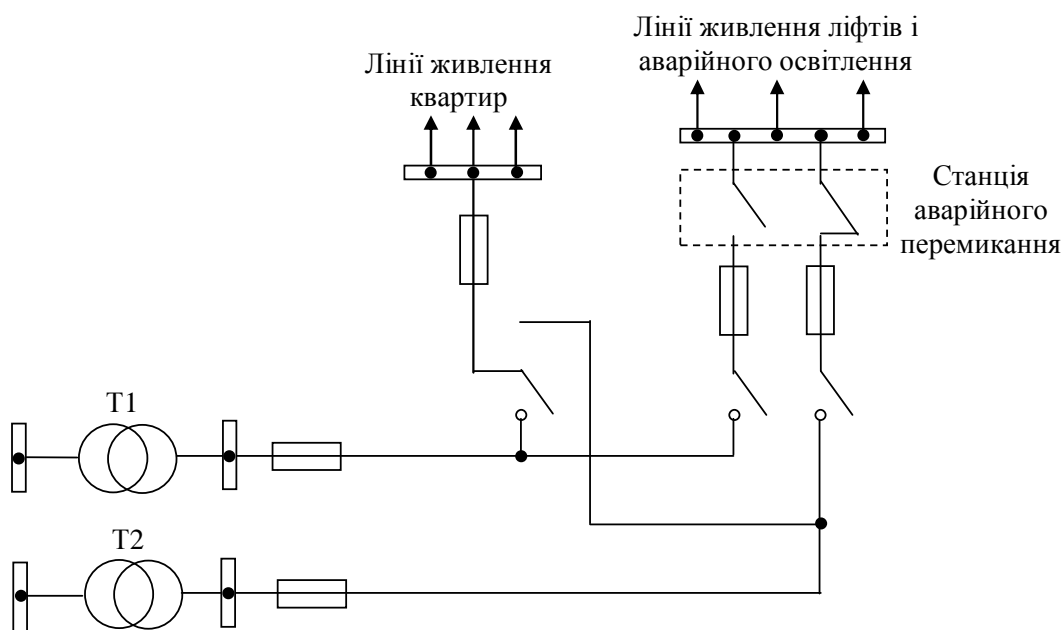


Рис. 5.6 – Схема електропостачання житлового будинку висотою 17 поверхів і більше

У цих будинках, як правило, навантаження на вводах неоднакові. Це призводить до того, що силовий ввід вибирається за аварійним режимом. Доцільно частину навантажень квартир приєднувати до силового вводу (якщо при цьому перепади напруги від вмикання силових електроприймачів не перевищують допустимі держстандартом).

5.2. Ввідно-розподільні пристрої

На вводі в будинок установлюють **ввідні пристрої (ВП), ввідно-розподільні пристрої (ВРП), головні розподільні щити (ГРЩ)**. У будинку можуть встановлюватись один або кілька ВП чи ВРП. За наявності в будинку кількох відокремлених у адміністративно-господарському відношенні споживачів, у кожного з них установлюють самостійні ВП або ВРП, які можуть живитися від загального ВРП чи ГРЩ окремими лініями або бути приєднаними до загальної лінії живлення.

При відгалуженні від повітряних ліній з розрахунковим струмом до 25А ВП або ВРП на вводі в будинок дозволяється не встановлювати, якщо відстань від відгалуження до групового щитка, що в цьому випадку виконує функцію ВП, не перевищує 3 м.

У будинках висотою до 16 поверхів включно, де застосовуються протипожежні пристрої, зокрема системи димозахисту, живлення цих пристроїв здійснюється від спеціальної панелі ВРП з АВР. На вводі живлячої лінії в будинок

встановлюються апарати захисту і керування. Для вводу на струм не більш 25 А апарат керування не встановлюється.

На вводах, як правило, після апаратів керування встановлюють запобіжники з струмообмежуючою дією, для захисту від струмів КЗ.

За певних умов, особливо у великих багатоповерхових будинках, економічно доцільне улаштування не одного, а кількох ВРП. Їхнє розміщення поряд з архітектурно-планувальними й іншими факторами визначають техніко-економічними розрахунками. Практика показала доцільність розміщення ВРП у секціях будинку, найближчих до трансформаторної підстанції.

Варто мати на увазі, що максимальне навантаження на кожному вводі в будинок, як правило, не повинно перевищувати 400 А, а у виняткових випадках 600 А щоб уникнути необхідності прокладки пучка паралельних кабелів і улаштування на вводах громіздких апаратів.

До розподільної частини ВРП приєднують лінії живлення квартир, силових споживачів, групові лінії робочого, евакуаційного й аварійного освітлення загальнобудинкових приміщень, протипожежних пристроїв, вогнів світлового огороження, елементів диспетчеризації, кодових замків і переговорних пристроїв, освітлення і силових споживачів, вбудованих і прибудованих громадських приміщень. На кожній лінії, що відходить від ВРП встановлюють апарати захисту (автоматичні вимикачі або запобіжники). Апарат керування може бути один на кілька ліній одного призначення.

Для обліку електроенергії, що витрачається загальнобудинковими споживачами, встановлюють трифазні лічильники прямого вмикання або з трансформаторами струму. Лічильники встановлюють на відгалуженнях і приєднують до відповідних секцій шин. Прилади для контролю струмових навантажень, як правило, у житлових будинках стаціонарно не встановлюють. Однак у великих будинках, особливо обладнаних електроплитами, улаштування амперметрів і вольтметрів на кожному вводі вважається доцільним.

5.3. Живлячі лінії усередині будинку

Вибір кількості живлячих ліній, що відходять від ВРП, і кількості стояків, що приєднуються до однієї живлячої лінії, у багатоповерхових будинках це багатоваріантна задача. При її розв'язанні варто враховувати такі фактори: відстань до ТП, електричні навантаження, кількість і перетин ліній, обмеження за припустимим нагріванням і відхиленням напруги, конструктивне виконання мереж і таке інше. Оптимальним є варіант, у якого найменші розрахункові витрати.

При кількості квартир на поверсі в секції будинку не більше чотирьох у будинках до 16 поверхів включно, економічно доцільно прокладати один стояк. Кількість стояків, що підключаються до однієї живлячої лінії, ПУЕ не обмежується. Однак, для зручності виконання ремонтних робіт у будинках висотою більше 5 поверхів при двох і більше стояках приєднаних до однієї живлячої лінії, стояки повинні мати вимикаючі апарати. При підключенні до одного стояка більше 70 - 80 квартир, незважаючи на економічність одного стояка, з умов під-

вищення надійності, рекомендується прокладати два стояка з підключенням квартир через поверх, або по дві квартири на стояк на кожному поверсі, або більше половини (приблизно 60 - 70%) квартир, починаючи з 1-го поверху, до одного стояка, а частину, що залишилася, до другого.

У будинках висотою до 16 поверхів у кожній секції, як правило, улаштовують один стояк. За наявності в кожній секції більше 70-80 квартир улаштовують по два стояки. При цьому можливі різні схеми підключення квартир до стояків (рис. 5.7):

а - один стояк на секцію;

б - два стояки на секцію з підключенням квартир через поверх;

в - два стояки, один з яких живить нижні поверхи, а другий - верхні;

г - два стояки, кожен з яких живить половину квартир на кожному поверсі,

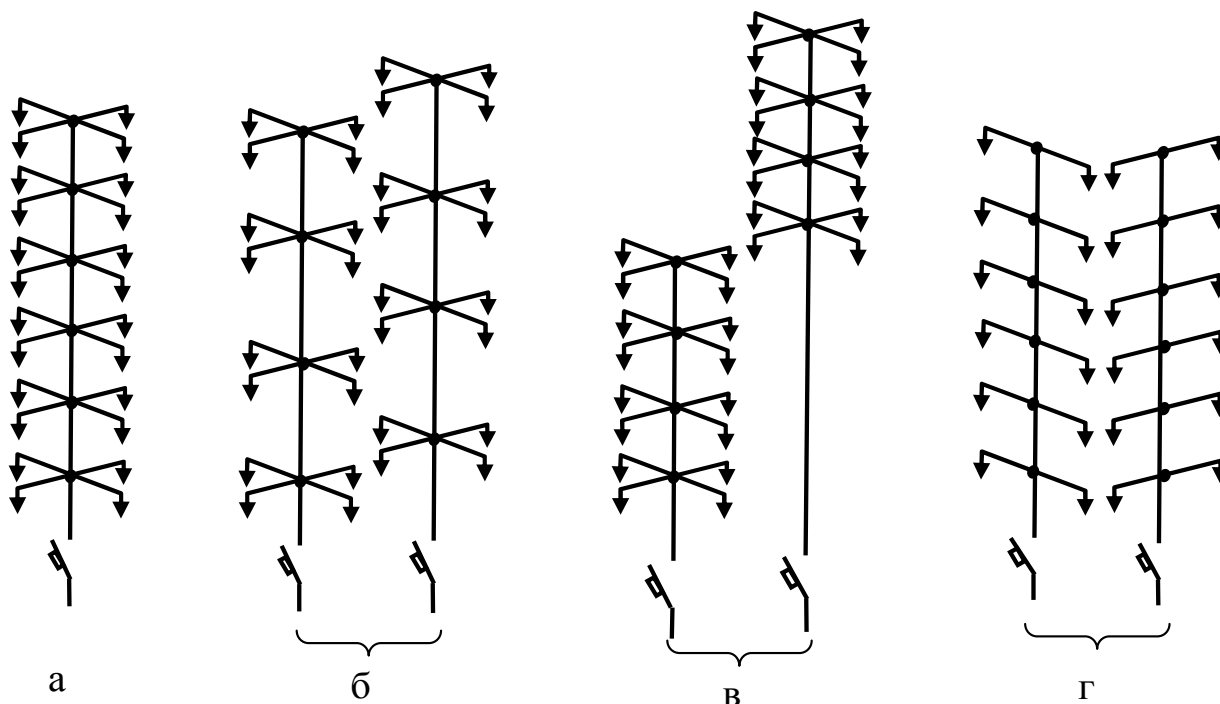


Рис. 5.7 – Схеми підключення квартир до стояків

Стояки, як правило, розміщують ззовні квартир у коридорах і там же розміщують електрощитки або електрошафи з приладами обліку електроенергії, комутаційними та захисними приладами для кожної квартири.

До живлячих ліній усередині будинку також відносять лінії, що живлять електродвигуни та інше електроустаткування ліфтів, різних насосів, вентиляторів та інших електроприймачів систем димозахисту.

Живлячі лінії ліфтів прокладають безпосередньо від ВРП причому до однієї лінії можна підключати не більш чотирьох ліфтів, влаштованих у різних секціях. За наявності в кожній секції двох ліфтів їх приєднують до різних живлячих ліній, але при цьому кількість ліфтів, приєднаних до кожної живлячої лінії, не обмежується.

Робоче, евакуаційне й аварійне освітлення сходових кліток і коридорів, як правило, автоматизується, і керування здійснюється з ВРП або об'єднаного ди-

спетчерського пункту. Тому групові лінії цих видів освітлення доцільно приєднувати безпосередньо до ВРП, де зосереджена вся апаратура захисту і керування. До ВРП також присоеднують групові лінії штепсельних розеток для підключення збиральних механізмів.

5.4. Групова квартирна мережа

Групова квартирна мережа є завершальною ланкою електричної мережі житлового будинку. Вона призначена для живлення освітлювальних і побутових електроприймачів.

З погляду безпеки групові лінії доцільно виконувати однофазними. У перспективі при значному зростанні навантажень можливе влаштування трифазних чотирипроводних вводів у квартири, але при цьому необхідні додаткові заходи по забезпеченню електробезпеки, такі, як більш надійна ізоляція провідників і приладів, а також пристрій **автоматичного захисного відключення (АЗВ)**. Однак і при трифазних вводах доцільно групові лінії загального освітлення і штепсельної мережі усередині квартир виконувати однофазними, а для живлення електричних плит, електро-водонагрівачів, тощо - трифазними. Як правило, рекомендується виділяти загальне освітлення на окрему групову лінію.

З метою економії проводів норми допускають змішане живлення загального освітлення і штепсельних розеток. У квартирах з числом кімнат більше трьох допускається улаштування додаткової групової лінії для живлення штепсельних розеток на струм до 16 А.

Кількість штепсельних розеток, встановлюваних у квартирах, регламентовано нормами і складає:

- у житлових кімнатах квартир і гуртожитків - одна розетка на кожні повні і неповні 6 м² площі кімнати;
- у коридорах квартир - одна розетка на кожні повні і неповні 10 м² площі. У загальній кімнаті квартир, обладнаних кондиціонерами, - додаткова розетка на струм 10 А для підключення кондиціонера;
- у кухнях квартир площею до 8 м² - три штепсельні розетки на струм 6 А, а 8 м² і більше - чотири для підключення холодильника, побутового приладу, надплитного фільтра, місцевого освітлення;
- одна штепсельна розетка з заземлюючим контактом на струм 25 А для підключення побутового приладу потужністю до 4 кВт (у будинках з електроплитами потужністю до 5,8 кВт ця ж розетка використовується для підключення електроплити);
- одна штепсельна розетка з заземлюючим контактом на струм 40 А для підключення електроплити потужністю від 5,9 до 8 кВт. Варто мати на увазі, що розетки 25 і 40 А не призначені для вимикання електроплит під навантаженням.

Збільшення кількості штепсельних розеток має на меті по змозі уникнути застосування мешканцями різних подовжувачів, які створюють підвищену загрозу ураження електричним струмом. У ванних кімнатах може встановлюва-

тися штепсельна розетка, яка підключається через роздільний трансформатор потужністю 20 ВА.

На рис. 5.8 наведена схема групової мережі квартири з електроплитою. Як видно з рисунка, для занулення корпусу стаціонарної електроплити і побутових приладів, що вимагають занулення, від поверхового щитка прокладається окремий провідник. Перетин його приймається рівним перетинові фазного провідника. Ні в нульовому захисному, ні в нульових робочих проводах апарати захисту не встановлюються. Для безпечної зміни лічильника 2 перед ним встановлюють двополюсний вимикач 1.

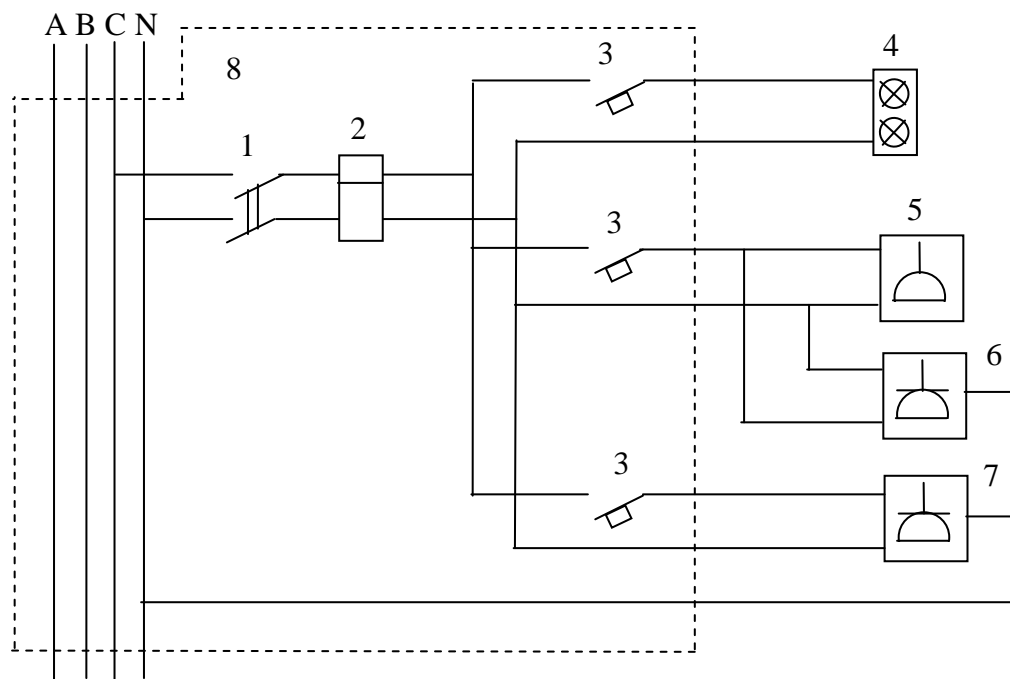


Рис. 5.8 – Схема групової квартирної мережі:

1- вимикач; 2 - лічильник; 3 - автоматичні вимикачі;
4 - загальне освітлення; 5 - розетка 6 А; 6 - розетка 10 А;
7 - електроплита; 8 - поверховий квартирний щиток

У кожную квартиру від стояка через щиток з комутаційною захисною та обліковою апаратурою (рис. 5.8) відходить не менше двох груп проводів від однієї фази та нульового проводу. Таким чином, навіть за наявності трьох груп проводів у квартиру лінійна напруга 380 В не заводиться, що підвищує електробезпеку і дозволяє використовувати для обліку електроенергії однофазний лічильник.

Різні фази стояка заводять у квартири по чергові для забезпечення рівномірного завантаження фаз.

Двополюсний вимикач або автомат 1 підводить електроенергію до лічильника 2 на 5 або 10 А. Оскільки лічильники допускають тривалі перевантаження по струму до 400%, навіть за наявності електроплит лічильник на 10 А цілком забезпечує усі вимоги.

Для заземлення корпусів електроприладів, які підключаються через триконтактні розетки на 10 та 25 А, від стояка прокладають окремий нульовий провід.

Згідно з ПУЕ в кожній кімнаті квартири повинно бути встановлено не менше однієї розетки на кожні повні або неповні 6 м площі, а в коридорах квартир - на кожні повні або неповні 10 м² площі.

У кухнях квартир має бути не менше трьох штепсельних розеток, одна з яких повинна бути на 10 А з третім заземлюючим контактом для підключення електроінструмента. Крім того, в кухнях з електроплитами повинна встановлюватися розетка на 25 А з третім заземлюючим контактом.

Розетку на 25 А дозволяється встановлювати і в кухнях з газовими плитами за рахунок квартиронаймача при наявності спеціального дозволу електропостачаючої організації.

Дозволяється у квартирах встановлювати більше розеток, щоб уникнути використання трійників та шнурів-подовжувачів, які за статистикою викликають багато пожеж і нещасних випадків.

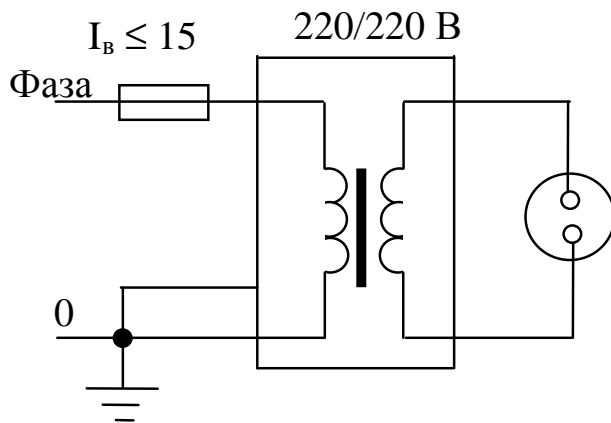


Рис. 5. 9 – Схема включення роздільного трансформатора

У ванних кімнатах та душових вимикачі та штепсельні розетки встановлювати забороняється. Дозволяється встановлювати у ванних кімнатах квартир розетки, що підключаються через роздільні трансформатори з коефіцієнтом трансформації 1:1 (рис. 5.9). При цьому первинна обмотка трансформатора та його корпус повинні бути заземлені, вторинну обмотку заземлювати забороняється (так само, як і корпус електроприладу, який живиться від цього трансформатора).

Від роздільного трансформатора може живитися тільки один електроприймач із захистом плавким запобіжником або автоматом зі струмом уставки не більше 15 А.

Контрольні запитання і завдання

1. Які застосовують схеми живлення житлових будинків висотою до 5 поверхів? Поясніть їх особливості?
2. Які застосовують схеми живлення житлових будинків висотою 9 – 16 поверхів? Поясніть їх особливості?
3. Які особливості схем живлення житлових будинків висотою 17 поверхів і вище?
4. Які вимоги до ВРП житлових будинків?
5. Які особливості улаштування живлячих ліній усередині будинків?
6. Які особливості улаштування живлячих ліній ліфтів?
7. Які особливості улаштування групової квартирної мережі?
8. Чим регламентоване число штепсельних розеток, що встановлюють у квартирах?
9. В яких випадках улаштовують роздільні трансформатори?

ТЕМА 6

РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В БУДІВЛЯХ ГРОМАДСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

6.1. Особливості електропостачання об'єктів громадського призначення

Громадські будівлі відрізняються великою різноманітністю:

- будинки державних адміністрацій, приміщення громадських організацій;
- будинки банків;
- бібліотеки з читальними залами й архівами;
- будинки та споруди навчальних закладів (школи, ПТУ, технікуми, університети);
- будинки та споруди дитячих дошкільних закладів (дитсадки, ясла);
- будинки і приміщення торгівлі (магазини, ринки, торгові центри, торговельно-розважальні центри);
- приміщення громадського харчування (ресторани, бари, кафе);
- споруди і зони обслуговування населення і техніки (ательє, хімчистки, автомайстерні, салони краси);
- готелі і туристичні комплекси;
- будинки лікувальних установ (лікарні, поліклініки, аптеки, медпункти);
- музеї, виставки;
- будинки для проведення видовищних заходів (театри, кінотеатри, кіноконцертні зали, цирк);
- спортивні комплекси і приміщення (фітнес - центри; тренажерні зали, спортивні зали і комплекси).

У рамках нашого курсу ми розглянемо основні характерні риси побудови схем електропостачання деяких розповсюджених будинків громадського призначення.

Схеми електропостачання будинків громадського призначення, порівняно зі схемами електропостачання житлових будинків мають низку особливостей, основні з яких:

- значна питома вага силових електроспоживачів, технологічного і санітарно-технічного обладнання;
- специфічні режими роботи електроприймачів у цих будинках;
- специфічні вимоги до влаштування електричного освітлення;
- можливість вбудови ТП у деякі категорії таких будинків.

Встановлені і споживані потужності електроустановок громадських будинків досягають сотень і навіть тисяч кВА. Економічними розрахунками встановлено [1.4, 1.9], що при потужності споживання більше 400 кВА доцільно застосовувати вбудовані підстанції, у тому числі комплектні (КТП). При цьому забезпечується економія кольорових металів, виключається прокладка зовнішніх кабельних ліній до 1 кВ, немає необхідності в улаштуванні окремих ВРП в будинку, оскільки є можливість його поєднання з РУ 0,4 кВ підстанції.

Але слід зазначити, що норми і правила не дозволяють вбудовані підстанції в будівлях навчальних закладів, дитячих дошкільних закладів, лікарняних корпусів лікарень, житлових зон готелів тощо [1.1].

Зазвичай підстанції розташовують на першому або технічному поверхах. Дозволяється влаштовувати ТП з сухими трансформаторами або з трансформаторами з негорючим наповненням у підвалах, на середніх і верхніх поверхах будинків, якщо передбачені грузові ліфти для їх транспортування.

На вбудованих ТП допускається установка як сухих, так і масляних трансформаторів. Однак, масляних трансформаторів повинно бути не більше двох при їх потужності до 1000 кВА. Кількість і потужність сухих трансформаторів і трансформаторів з негорючим наповненням не обмежується.

Вибір потужності і кількості трансформаторів і ТП визначається рівнями електричних навантажень і техніко-економічними розрахунками. Підстанції, як правило, бувають двотрансформаторні, але у відносно невеликих будинках II і III категорій за надійністю електропостачання можлива установка однострансформаторних підстанцій.

Надійність електропостачання громадських будинків визначають такі силові споживачі: устаткування для вентиляції і кондиціонування, підйомно-транспортні, холодильні машини, санітарно-технічні установки, сигналізація і протипожежні пристрої, інші види технологічного устаткування. Слід зазначити, що категорія надійності окремого електроспоживача у будинку не розповсюджується на будинок у цілому.

Розміри трансформаторних приміщень і приміщень РП, проходи, відстані до струмоведучих частин, конструкції підлоги, перекриттів, вимоги до опалення і вентиляції повинні відповідати нормам, установленим у розділі 4 ПУЕ [1.8]. З метою забезпечення надійної роботи апаратів захисту рекомендується приймати до установки силові трансформатори при потужності до 250 кВА зі схемою з'єднання обмоток зигзагом, при потужності 400 - 1000 кВА - трикутником - зіркою з нулем.

При встановленні в будинку КТП необхідно враховувати дефіцитність розподільних шаф з автоматичними вимикачами, що поставляють заводи. Для спрощення і здешевлення КТП доцільно обмежити кількість лінійних автоматичних вимикачів, установлюючи ці автоматичні вимикачі на відносно великі струми 200, 400, 600 А и більше. Пропускна здатність таких автоматичних вимикачів часто перевищує розрахункову потужність підключених живлячих ліній силових і освітлювальних мереж. Щоб повністю використовувати лінійні автоматичні вимикачі КТП, застосовують схеми живлення з установкою проміжних РП, що складаються з панелей щитів освітлення, щитів силових кіл, щитів станцій керування й інших з автоматичними вимикачами на струми, близькі до розрахункових струмів живлячих ліній.

Варто мати на увазі, що в громадських будинках широко розповсюджене люмінесцентне освітлення, при якому струм у нульовому проводі може досягати значень близьких до номінального струму трансформатора за рахунок вищих гармонійних складових. Оскільки для трансформаторів зі схемою з'єднання зірка-зірка з нулем допускається струм у нейтралі трансформатора не більше 25 %

номінального, необхідно встановлювати силові трансформатори із з'єднанням трикутник - зірка. У цьому випадку у нейтралі допускається струм до 75 % номінального

6.1.1. Захист схем електропостачання. Як правило, споживачі громадських будинків живляться від ввідно-розподільного щита, а освітлення та розетки - від поверхових щитків. Деякі групові лінії, і, в першу чергу, розеткові, захищають за допомогою **пристроїв захисного відключення (ПЗВ)**. Захист за допомогою ПЗВ може бути груповий та індивідуальний. Для цього використовують апарати вводу: вимикачі навантаження закритого типу або автоматичні вимикачі з функцією гарантованого розриву контактів, яка еквівалентна видимому розриву.

Вимикачі навантаження закритого типу забезпечують високий рівень надійності та безпеки в експлуатації і захищають від електричної дуги у випадку її виникнення. За допомогою цих апаратів можлива реалізація схеми ручного вводу резерву з механічним блокуванням на відносно невеликі струми (до 100 А).

Застосування ПЗВ в схемах електропостачання громадських та адміністративних будівель повинно бути обґрунтованим з огляду на необхідність максимального підвищення безпеки людей та пожежної безпеки. Необхідно зважати на те, що в електрообладнанні будівель такого типу за чинними правилами застосовують протипожежні системи з дією на сигналізацію та вимкнення систем вентиляції. Прилади цих систем отримують живлення від електричної мережі будівлі, яку вони захищають, і не повинні вимикатись у будь-яких ситуаціях за наявності напруги на вводі. Тому використання ПЗВ у колах живлення протипожежних пристроїв заборонено. Також заборонено застосування ПЗВ у колах живлення електроприймачів, вимкнення яких може стати причиною загрози для життя та здоров'я людей.

Недоцільно використовувати ПЗВ на лініях живлення електроприймачів, до яких можливий доступ тільки обслуговуючому персоналу - приводи ліфтів, інших підіймально-транспортних механізмів, помпи, вентилятори, централізовані кондиціонери, калорифери, а також в колах живлення загального освітлення. Для приєднання таких споживачів необхідно виділяти секції в схемі розподільної шафи з розрахунку до 6...8 трифазних приєднань на кожну з них. Автоматичний вимикач на відгалуження до вентиляторів необхідно обладнати розчеплювачем мінімальної напруги з керуванням від протипожежної системи. У випадку зникнення основного живлення та автоматичного вводу резерву автомат вентиляції буде вимкнений протипожежною системою. Увімкнення автомата необхідно здійснити вручну, що припустимо для приймача 2-ї категорії за надійністю. У випадку необхідності автоматичного відновлення живлення вентиляції, замість розчеплювача мінімальної напруги необхідно застосувати контактор, послідовно увімкнений з автоматом. Напруга живлення на катушки контактора подається через контакти керування протипожежної системи.

Для трифазних електроприймачів, які знаходяться в багатолюдних місцях, наприклад, електрообладнання душових, саун, кафе з електрокавоваркою та кавовим млином і інших, а також для групи однофазних електроприймачів, застосовують трифазні ПЗВ на основі вимикачів навантаження.

6.2. Лінії живлення

Розподіл електроенергії в громадських будинках проводиться як за радіальними, так і за магістральними схемами. Радіальна схема застосовується для живлення електроприймачів великої потужності або груп електроприймачів, зосереджених на досить близькій відстані один від одного. Прикладом таких електроприймачів можуть служити великі холодильні машини, електродвигуни теплових пунктів, насосних, великі вентиляційні камери тощо.

При відносно рівномірному розміщенні електроприймачів невеликої потужності у будинку доцільно застосування магістральної схеми. Переваги і недоліки цих схем були розглянуті в п. 4.5.

У громадських будинках рекомендується лінії живлення силових і освітлювальних мереж виконувати роздільними, що забезпечує зручності в експлуатації, більш доцільне трасування, а також, як правило, зменшує коливання напруги на лампах електричного освітлення. На вводах живлячих мереж у громадських будинках встановлюють ВРП з апаратами захисту, управління, обліку електроенергії, а у великих будинках – із вимірювальними приладами. На вводах споживачів, відокремлених в адміністративно-господарському відношенні (торговельні, комунальні підприємства, відділення зв'язку тощо), улаштовують окремі апарати керування незалежно від наявності таких же апаратів на лініях, що відходять від загального ВРП будинку. На вводах у розподільні пункти або щитки також улаштовують апарати керування.

За необхідності встановлюють апарати, що сполучають функції керування і захисту (наприклад, автоматичні вимикачі), без дотримання вимог до селективності. За кількості РП або щитків, приєднаних до однієї живлячої лінії, до п'яти включно апарати керування на вводах у ці пункти або щитки можна не встановлювати. Виключенням є РП, від яких живляться силові електроприймачі гарячих цехів підприємств громадського харчування, де з метою підвищення електробезпеки необхідно встановлювати апарати керування.

На кожній живлячій лінії, що відходить від ВРП потрібно встановлювати апарат захисту. Апарат керування може бути загальним для декількох ліній, подібних за призначенням і режимом роботи.

Лічильники для розрахунків за електроенергію, влаштовують окремо для кожного абонента. Норми допускають одного з абонентів (найчастіше найбільш енергоємного) вважати головним абонентом і живлення інших споживачів здійснювати від ВРП головного абонента з загальним обліком.

Світильники евакуаційного й аварійного освітлення повинні приєднуватися до мережі, незалежної від мережі робочого освітлення, починаючи від щита трансформаторної підстанції або від ВРП.

За наявності двотрансформаторної підстанції робоче, евакуаційне й аварійне освітлення варто приєднувати до різних трансформаторів. Якщо в будинок вбудовані дві або більше підстанцій, живлення евакуаційного й аварійного освітлення важливих приміщень отримується від різних підстанцій. Таке приєднання називається перехресним. Лінії живлення холодильного устаткування на підприємствах торгівлі і громадського харчування виконують окремо, щоб відключення інших електроприймачів не призводило до відключення холодильного обладнання.

6.3. Силові розподільні мережі

Силові РП повинні розташовуватися в центрі навантажень або з деяким зсувом в сторону джерела живлення, як правило, на тих же поверхах, де розташовані електроприймачі. Силові електроприймачі, приєднані до РП, групуються з урахуванням їхнього технологічного призначення. З метою економії проводів і кабелів і зменшення кількості апаратів захисту на РП електроприймачі невеликої потужності поєднуються в "ланцюжки". При цьому в ланцюжок можна з'єднувати:

- на підприємствах громадського харчування і торгівлі - не більше чотирьох електроприймачів потужністю до 3 кВт;
- в учбово-виробничих майстернях навчальних закладів - до п'яти силових електроприймачів верстатного устаткування;
- у лабораторіях навчальних закладів - не більше трьох лабораторних щитків;
- у магазинах кількість касових апаратів, швацьких машин у кабінетах доведення, у швацьких цехах ательє і комбінатів побутового обслуговування населення, машин з ремонту й обробки взуття - не обмежено.

Електроприймачі, що з'єднуються в ланцюжок, повинні бути рівними або близькими за встановленою потужністю. Апарати керування, наприклад магнітні пускачі, контактори, кнопкові пости, залежно від місцевих умов встановлюють:

- - розосереджено або групами поблизу керованих механізмів;
- - у шафах станцій керування;
- - в ізольованих електротехнічних приміщеннях, нішах будівельних конструкцій, шафах, тощо, за умови дотримання вимог техніки безпеки.

Приєднання електроприймачів холодильного, механічного і технологічного устаткування підприємств торгівлі і громадського харчування виконується за схемами, що широко застосовуються у практиці проектування електроустаткування громадських будинків масового будівництва. Специфіка схем, у яких передбачені в деяких обмежених випадках додаткові комутаційні апарати, зумовлена відсутністю на цих підприємствах кваліфікованого обслуговуючого персоналу.

6.4. Групові лінії освітлення

Групові розподільні щитки мережі освітлення доцільно, як і в силових мережах, розміщати в центрі навантажень із зсувом по змозі в бік джерела живлення. Однак, за умовами архітектурно-планувальних рішень й інтер'єра приміщень від цієї рекомендації доводиться відступати, розташовуючи щитки на сходових клітках, у коридорах у спеціальних шафах-нішах, які передбачаються в архітектурно-будівельній частині проекту.

Групові лінії, що відходять від щитків, можуть бути однофазними (фаза і нуль), двофазними (дві фази і нуль) і трифазними чотирипроводними (три фази і нуль). Апарати захисту в нульових проводах встановлювати не дозволяється, за винятком вибухонебезпечних приміщень класу В-1, де з метою підвищення вибухобезпеки апарати захисту встановлюють не тільки у фазних, але й у нульових проводах, а для занулення влаштовуєть окремих захисний провідник.

Рекомендації для вибору тієї або іншої схеми групової лінії не можуть бути однозначними, тому що значною мірою залежать від довжини, кількості світильників, їхнього розташування, зручності керування й експлуатації, а також забезпечення нормованих рівнів коефіцієнта пульсації при люмінесцентному освітленні у приміщеннях з напруженою зоровою роботою. Треба пам'ятати, що перевагу варто віддавати трифазним чотирипроводним груповим лініям, що забезпечують у три рази більше навантаження й у 6 разів менші втрати напруги порівняно з однофазними груповими лініями, але при вдвічі більшій довжині проводів. У невеликих приміщеннях, де немає особливих вимог до якості освітлення і встановлена невелика кількість світильників, застосовуються однофазні групові лінії. У приміщеннях коридорного типу з великою кількістю дрібних приміщень коридором прокладають чотирипроводну групову лінію, а відгалуження у кімнати виконують двопроводними.

Нижче наведені деякі вказівки норм з улаштування групових мереж електричного освітлення [1.1]:

- живлення штепсельних розеток місцевого освітлення належить, як правило, виділяти в окремі групові лінії, якщо це не пов'язано зі значним збільшенням довжини мережі;
- до групових ліній освітлення сходів, поверхових коридорів, холів, технічних підпіль, підвалів і горищ, як і в житлових будинках, припускається приєднувати до 60 люмінесцентних ламп або ламп розжарювання потужністю до 65 Вт включно на фазу. Для ліній, що живлять багатолампові люстри, кількість ламп на фазу не обмежується;
- при прокладці загальними трасами рекомендується об'єднання нульових проводів ліній одного виду освітлення (переважно для ліній різних фаз мережі). Об'єднання нульових проводів ліній робочого, евакуаційного й аварійного освітлення не дозволяється;
- загальні для декількох ліній нульові проводи при прокладці в трубах повинні прокладатися разом з фазними проводами;

- вимикачі повинні встановлюватися тільки на фазних проводах, за винятком випадків, передбачених гл. 7.3 ПУЕ для вибухонебезпечних приміщень класу В-1. При живленні багатолампових світильників чотири- або трипровідними лініями варто передбачати одне тимчасове вимикання усіх фазних проводів;

- розподіл навантажень між фазами мережі освітлення повинний бути по змозі рівномірним, різниця в струмах найбільш і найменш навантаженої фази не повинна перевищувати 30 % у межах одного щитка і 10 % на початку живлячих ліній;

- у трифазних протяжних групах рекомендується приєднувати окремі світильники до фаз мережі в наступному порядку: А, В, С, А, В, С у випадках, коли при відключенні однієї або двох фаз необхідно зберегти зменшену освітленість по всій площі приміщення, наприклад торгівельного залу, конференц-залу тощо, і А, В, С, С, В, А, якщо такої вимоги немає;

- керування загальним освітленням рекомендується здійснювати наступним чином:

- у приміщеннях з бічним природним освітленням передбачати вимикання світильників рядами, паралельними вікнам;
- на одне вимикання поєднувати тільки світильники, що вимагають сумісної дії за умовами технологічного процесу, наприклад прилавки в магазинах, проходи в книгосховищах або складах, тощо;
- у великих приміщеннях, таких, як торгівельні й обідні зали, конференц-зали, вестибюлі готелів, приміщення прийому замовлень будинків побуту, а також в різних коридорах і проходах передбачати можливість вмикання невеликої частини світильників, що створюють по всій площі освітленість, достатню для прибирання приміщення. Для цієї ж мети можуть бути використані світильники евакуаційного й аварійного освітлення;

- керування евакуаційним і аварійним освітленням повинне передбачатися з щитків при мінімальній кількості останніх. Приміщення з достатнім природним освітленням і без нього повинні житися окремими групами. Допускається застосування для обох видів приміщень загальних груп з установкою додаткових вимикачів для приміщень, що мають природне освітлення. Додаткові вимикачі варто передбачати також для аварійного й евакуаційного освітлення окремих непрохідних приміщень, у яких люди не знаходяться постійно (гардероби, конференц-зали, тощо);

- світильники у входів у будинки варто приєднувати до групової мережі внутрішнього освітлення, переважно до мережі аварійного освітлення;

- світильники і штепсельні розетки місцевого і переносного освітлення при напрузі 12 - 42 В варто живити від знижувальних трансформаторів, що приєднуються до мережі робочого або евакуаційного освітлення (в останньому випадку тільки окремими групами). Застосування автотрансформаторів не допускається.

6.5. Приклади схем розподілу електроенергії в громадських будинках

Для живлення відповідальних споживачів у великих містах широко застосовуються двотрансформаторні підстанції з пристроєм АВР на контакторних станціях на стороні нижчої напруги. Спрощена схема такої підстанції показана на рис. 6.1, де 1 – контакторні станції, 2, 3 – відходящі лінії до введів у будинки, в яких установлюються ВРП.

При розміщенні підстанції в будинку з електроприймачами I категорії застосовується пристрій АВР на абонентському щиті з автоматичними вимикачами. Спрощена схема показана на рис. 6.2, де автоматичні вимикачі 1 змонтовані на лініях від трансформаторів; 2 – секційний вимикач, що включається автоматично при відключенні одного з автоматичних вимикачів 1, Лінії 3 відходять до розподільних пунктів силової мережі і щиткам евакуаційного й аварійного освітлення, лінії 4 - до групових щитків робочого освітлення.

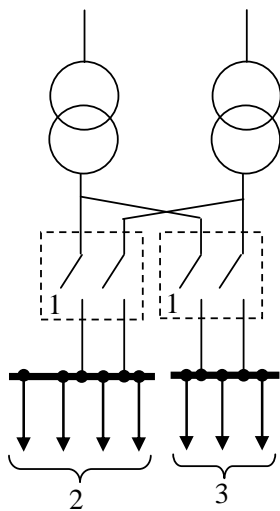


Рис. 6.1 – Схема живлення громадського будинку від двотрансформаторної підстанції з АВР на контакторах

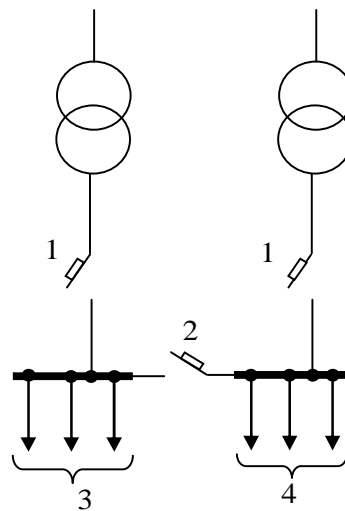


Рис. 6.2 – Схема живлення громадського будинку з вбудованою ТП і абонентським щитом з АВР на вимикачах

Приклад побудови типової схеми електроустаткування магазину [1.9] показано на рис. 6.3. Від окремо розташованої підстанції прокладені дві взаємно резервовані живлячі кабельні лінії 1 і 2. Кабелі розраховані на навантаження в нормальному й аварійному режимах (при виході з ладу одного з кабелів усе навантаження переключається за допомогою перемикачів 3 і 4 на кабель, що залишився у роботі).

Після перемикачів установлені комплекти апаратів захисту 5 і 6 (найчастіше струмообмежуючі запобіжники). Облік активної електроенергії здійснюється лічильниками 7 і 8, включеними через трансформатори струму.

Живлячі лінії і частина групових ліній робочого освітлення відходять від панелей ВРП, підключених до вводу 1. Від групових щитків освітлення 9 відходять групові лінії безпосередньо до світильників. Від другого вводу відходять живлячі лінії до силових розподільних пунктів 10 і шаф станцій керування, в яких встановлені апарати захисту й управління. Від розподільних пунктів і

шкафів керування відходять лінії силової розподільної мережі до електроприймачів. До цього ж вводу підключені евакуаційне й аварійне освітлення. Усі живлячі лінії мають апарати захисту 11 (автоматичні вимикачі), які служать для захисту ліній від КЗ і перевантажень.

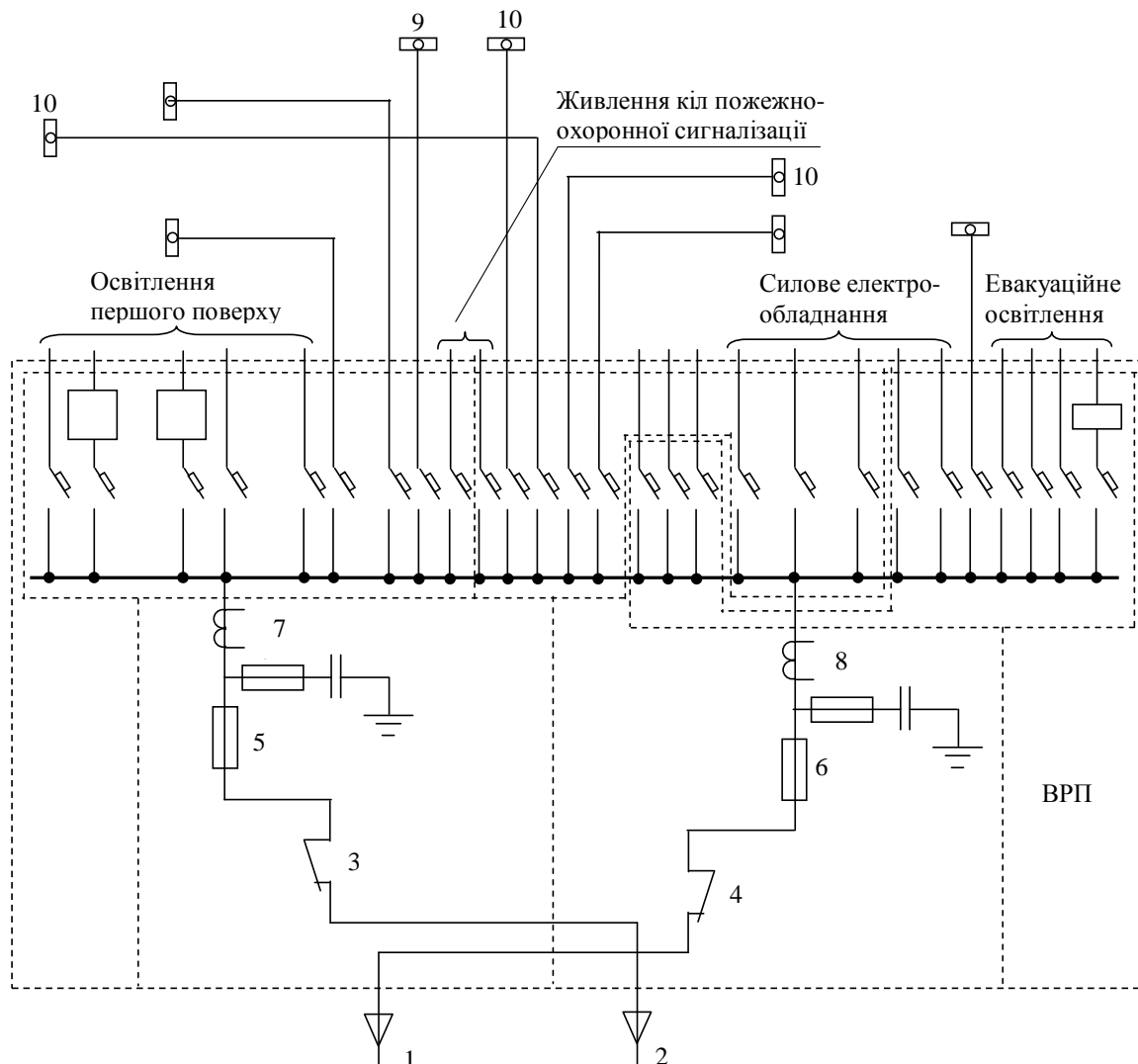


Рис. 6.3 – Спрощена схема електрообладнання магазину

6.6. Гарантоване живлення

У сучасних умовах, коли можливі вимкнення одночасно робочого і резервного введів від системи, для електроприймачів, які не допускають перерви електропостачання, необхідно забезпечити живлення на час, достатній для безаварійної зупинки технологічного процесу. В адміністративних будівлях до таких електроприймачів належать комп'ютери та комп'ютерні системи, в яких раптова перерва живлення може викликати втрату або пошкодження інформації.

Для запобігання подібним явищам використовують **системи безперебійного гарантованого електропостачання (СБГЕ)**.

СБГЕ – це сукупність організаційно-технічних заходів, які дають змогу у випадках вимкнення основних джерел зовнішнього енергопостачання здійснювати його за допомогою аварійних (резервних) джерел зовнішнього електропостачання або генераторів на час, обмежений тільки запасами палива.

Надійність будь-якої системи - величина комплексна, що передбачає, насамперед, можливість продовження її роботи навіть за несправності певних елементів. Досягти високих показників надійності можна, вживаючи відповідні технічні й організаційні заходи. Крім того, надійність забезпечує й оперативна робота обслуговуючого персоналу. Найефективніший спосіб підвищення надійності – резервування, коли основне джерело електроживлення дублюється резервним. Однак безпечне резервування такого важливого компонента, як АВР, з погляду реальної експлуатації досить складне. На рис. 6.4 зображена узагальнена функціональна схема гарантованого електропостачання, яка містить СБГЕ.

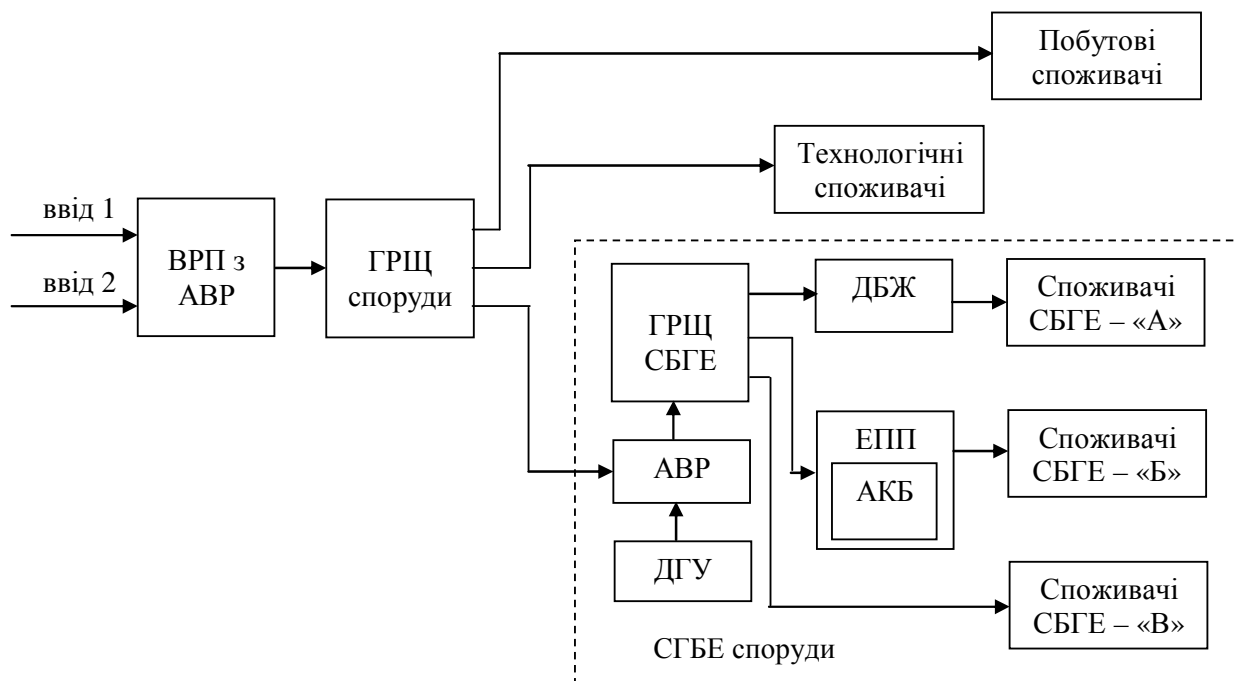


Рис. 6.4 – Функціональна схема гарантованого електропостачання

Так, наприклад, відмова пристрою АВР СБГЕ призводить до того, що у разі відімкнення основної електромережі навіть вдало й вчасно запущена електростанція допомоги вже нічим не може. За особливо критичних навантажень ситуацію виправлять джерела безперебійного живлення (ДБЖ), але, зазвичай на нетривалий час, і навіть найвідповідальніші споживачі будуть знеструмлені. Ін-акше кажучи непомітний на перший погляд пристрій АВР є дуже важливою ланкою системи гарантованого електропостачання.

У цих випадках доцільно використовувати пристрої гарантованого живлення типу (ПГЖ). Вони складаються з некерованого випрямляча, акумуляторної батареї, незалежного інвертора та необхідної системи керування і можуть забезпечити роботу важливих споживачів протягом деякого обмеженого часу, необхідного щонайменше для нормальної зупинки технологічного процесу (програми комп'ютера).



Рис. 6.5 – Дизель-генераторна станція

У випадку необхідності забезпечення тривалої роботи в умовах відсутності живлення від основних джерел доцільно використовувати **дизель-генераторні станції (ДГС)** (рис. 6.5.). Для невеликих потужностей (від 0,5 кВт до кількох десятків кіловат) випускаються також бензогенераторні агрегати. ДГС з автостартом та АВР майже вдвічі дорожче, ніж не автоматизована ДГС. При вирішенні питання застосування ДГС необхідно

враховувати вимоги санепідемстанції, пожежної охорони, архітектурного управління тощо, які зростають із збільшенням потужності ДГС. Тому до вибору ДГС необхідно підходити виважено і забезпечити живлення від неї лише необхідного мінімуму споживачів, що дозволить вибрати оптимальну потужність ДГС.

Споживачів, електропостачання яких передбачено від ДГС, необхідно виділити на окрему секцію. Рівень надійності визначається їх високою відповідальністю, тому вибір і застосування ПЗВ для них має бути відповідним.

Приклад схеми приєднання ДГС до системи електропостачання адміністративного будинку показаний на рис. 6.6. На схемі виділені комп'ютери, що підключаються до секції гарантованого живлення через блок безперебійного живлення UPS, який забезпечує своїх споживачів електроенергією протягом 10 – 30 (залежно від потужності) хвилин.

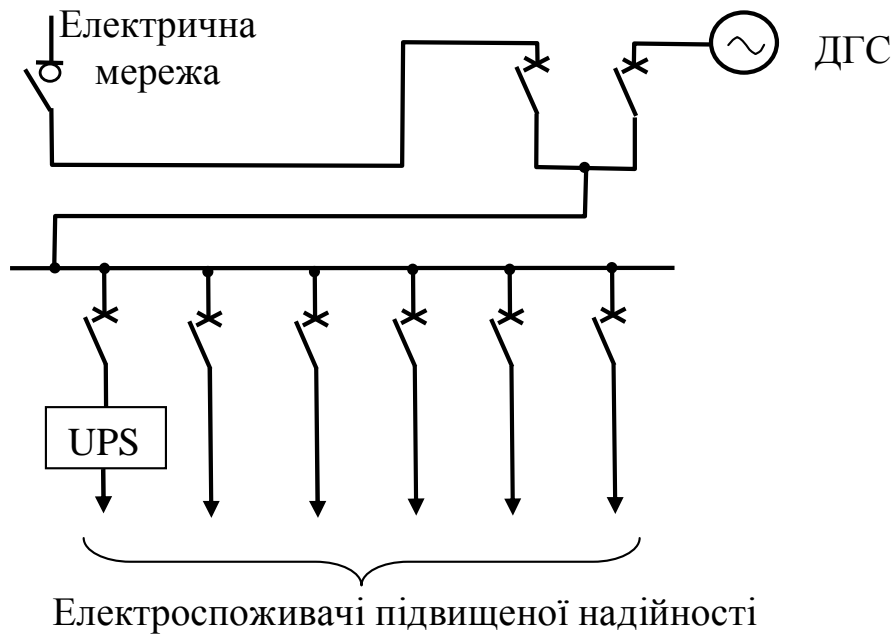


Рис. 6.6 – Однолінійна схема СПГЕ для споживачів підвищеної надійності

Контрольні запитання і завдання

1. Які особливості схем електропостачання будинків громадського призначення?
2. Поясніть де розташовують ТП в громадських будівлях? Які трансформатори використовують?
3. Як виконують захист ліній в схемах електропостачання громадських будівель?
4. У яких випадках ПЗВ не встановлюються?
5. Які особливості улаштування силових розподільних мереж у громадських будівлях?
6. Які рекомендації нормативних документів щодо влаштування групових мереж освітлення будинків громадського призначення?
7. Поясніть схему живлення громадського будинку з вбудованою ТП і АВР на стороні 0,4 кВ?
8. Поясніть спрощену схему електропостачання магазину?
9. Поясніть принцип роботи систем безперебійного гарантованого живлення? Наведіть приклад схеми СБГЕ?

ТЕМА 7 РОЗРАХУНКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

7.1. Задачі розрахунку електричної мережі

У процесі проектування схем електропостачання будинків і будівель вирішують наступні питання:

- за заданими потужностями електроприймачів і режимами їх роботи визначаються величини струмів, що протікають у лініях живлення;
- за отриманими значеннями струмів проводять вибір перетинів і марок проводів і кабелів, якими протікають ці струми;
- обрані перетини проводів і кабелів перевіряють по критерію допустимих втрат напруги в нормальному і післяаварійному режимах і на механічну міцність;
- за отриманими значеннями струмів, враховуючи умови прокладки проводів і кабелів, виконують розрахунки і вибір захисних апаратів (запобіжників, теплових і електромагнітних реле).

При проведенні розрахунків електричних мереж враховують наступні положення:

1) при проходженні розрахункового струму через провідники останні не повинні перегріватися до температур, що перевищують припустимі за пожарних умов значення;

2) відхилення напруги на затискачах електроприймачів повинні знаходитися в допустимих межах, установлених держстандарт [1.8] на якість електричної енергії для її приймачів;

3) зниження напруги, викликані короткочасними змінами навантаження, наприклад вмиканням короткозамкнених асинхронних електродвигунів, не повинні перевищувати значень, установлених вищевказаним державним стандартом, і викликати порушення роботи діючих електроприймачів;

4) механічна міцність проводів повинна бути не нижче припустимої для даного виду електропроводки;

5) при виборі схеми і розрахунках живлячих мереж доцільно враховувати економічні фактори, що характеризуються найменшими зведеними витратами;

6) розподіл допустимих втрат напруги по ділянках внутрішньої мережі доцільно робити з умови найменших витрат провідникових матеріалів з урахуванням п. 5;

7) апарати захисту повинні забезпечувати захист усіх ділянок мережі від коротких замикань (КЗ), а в деяких випадках, передбачених ПУЕ, і від перевантаження. Крім того, ці апарати не повинні спрацьовувати при короткочасних підвищеннях струмів навантаження, можливих при нормальних режимах роботи мережі, наприклад при включенні короткозамкнених електродвигунів, електромагнітів клапанів протипожежних пристроїв і таке ін. Апарати захисту повинні по змозі працювати вибірково, тобто забезпечувати селективне відключення пошкодженої ділянки. Вихідними даними для розрахунку мережі є електричні навантаження, визначення яких розглянуто в темі 3.

7.2. Визначення перетину проводів і кабелів

Розрахунок повітряних і кабельних мереж зводиться до визначення перетину проводів і жил кабелів, вибору апаратури захисту.

Розрахунок лінії внутрішнього електропостачання виконується в наступній послідовності.

Складається схема електромережі і за схемою визначається довжина тієї або іншої лінії і встановлена потужність підключених електроприймачів.

Після цього визначають розрахунковий струм. Для трифазного кола:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}; \quad (7.1)$$

для однофазного кола:

$$I_p = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_\phi \cos \varphi}, \quad (7.2)$$

де P_p – розрахункова (максимальна) потужність електроприймачів, підключених на кінці розрахункової ділянки лінії, кВт;

U_H – номінальна лінійна напруга лінії, В;

U_ϕ – номінальна фазна напруга лінії, В;

$\cos \varphi$ – середньозважений коефіцієнт потужності.

За величиною розрахункового струму I_p попередньо визначають тип і переріз проводу або кабелю за умовою

$$I_{\text{доп}} \geq I_p, \quad (7.3)$$

де $I_{\text{доп}}$ – допустимий тривалий струм проводу або кабелю відповідного перетину (тип і перетин проводу або кабелю вибирають з таблиць, що наведені в ПУЕ [1.8] та електротехнічних довідниках [1.11]) (див. додаток 1, табл. Д1.1 - Д1.3).

Потім перевіряють, щоб обрані перетини кабелів і проводів не були менше перетинів, зазначених у ПУЕ. Для випадку приєднання пересувних приймачів перетин повинний бути не менш $2,5 \text{ мм}^2$, а у випадку стандартної прокладки кабелів і ізольованих проводів перетин повинний бути не менше 1 мм^2 для мідних і $2,5 \text{ мм}^2$ для алюмінієвих проводів.

Після визначення перетину кабелю або проводу перевіряють перетин кабельної або повітряної лінії за припустимою втратою напруги. Для ліній постійного й однофазного змінного струму за формулою

$$\Delta U \% = \frac{200 \cdot P_p \cdot l}{\gamma \cdot F \cdot U_H^2}, \quad (7.4)$$

де P_p – розрахункова (максимальна) потужність навантаження лінії, Вт;

l – довжина лінії, м;

U_H – номінальна напруга лінії, В;

F – перетин проводу, мм^2 ;

γ – питома провідність матеріалу лінії, $\text{м/Ом} \cdot \text{мм}^2$.

Для трифазної лінії:

$$\Delta U \% = \frac{S_p \cdot l}{U_H^2} (R_0 \cdot \cos \varphi + X_0 \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%, \quad (7.5)$$

де S_p – повне розрахункове (максимальне) навантаження, ВА;

l – довжина лінії, км;

R_0, X_0 – активний й індуктивний опір проводу лінії, Ом/км;

$\cos \varphi$ – середньозважений коефіцієнт потужності лінії і відповідний йому $\sin \varphi$.

Індуктивний опір повітряних ліній напругою до 10 кВ із мідними й алюмінієвими проводами коливається в межах $X_0 = 0,35 - 0,4$ Ом/км. Величини активних опорів голих алюмінієвих і мідних проводів зазначені у табл. Д1.4 [1.8]).

Величина R_0 з деяким наближенням може бути визначена:

для мідних проводів - $R_0 = 17,5/F$, Ом/км;

для алюмінієвих проводів - $R_0 = 28/F$, Ом/км .

Для повітряних ліній із проводами перетином до 16 мм^2 індуктивний опір можна не враховувати, тому що в цьому випадку визначальною величиною є активний опір.

Для кабельних ліній напругою до 10 кВ величина X_0 складає $0,07 - 0,08$ Ом/км. У порівнянні з активним опором це досить мала величина, тому при розрахунках нею нехтують.

Варто врахувати, що індуктивним опором проводів можна знехтувати за наступних умов:

- повітряна лінія при $\cos \varphi$ близькому до одиниці;
- кабельна лінія при $\cos \varphi \geq 0,95$ і при перетині мідних жил $\leq 35 \text{ мм}^2$;
- внутрішня лінія напругою до 1000 В, виконана проводом у трубах, а також для ліній, виконаних проводом до 6 мм^2 на роликах і призначених для живлення малопотужних двигунів.

Якщо за результатами розрахунку втрати напруги обраного перетину лінії перевищують припустимі, то варто збільшити перетин проводів або кабеля і повторити розрахунок.

Існуючими нормами на затискачах асинхронних двигунів (електричних двигунів найбільш чутливих до коливань напруги) і апаратів, призначених для їхнього пуску і керування, допускаються відхилення напруги в межах від -5% до $+10\%$ від номінальної. На затискачах приладів робочого освітлення і прожекторних установок, ще більш чутливих до рівня напруги, допускаються відхилення напруги в межах від $-2,5\%$ до $+5\%$ від номінальної.

Якщо лінія напругою понад 1 кВ будується для постійної експлуатації (тобто на термін більш шести років), то перетин проводів повинен бути перевірений за економічною щільністю струму за співвідношенням

$$F = I_p / j_0, \quad (7.6)$$

де I_p – розрахунковий струм у лінії, А;

j_0 – нормоване значення економічної щільності струму, А/мм² (див. табл. Д1.5 [1.8]).

За економічною щільністю не перевіряють мережі підприємств напругою до 1 кВ і мережі тимчасових споруд (працюючих менше шести років).

7.3. Визначення струмів апаратів захисту

Усі елементи електричних мереж повинні бути захищені від струмів короткого замикання. Апарати електричного захисту - плавкі запобіжники або максимальні автоматичні вимикачі (автомати) установлюють на початку кожної секції мережі і на трансформаторних вводах.

При виборі номінального струму плавкої вставки запобіжника повинні бути виконані наступні умови.

1. Номінальний струм плавкої вставки $I_{\text{ВСТ}}$ повинний бути не менше максимального розрахункового струму даного ланцюга в робочому режимі $I_{\text{Р}}$:

$$I_{\text{ВСТ}} \geq I_{\text{Р}} . \quad (7.7)$$

2. Плавка вставка не повинна перегоріти під час пуску електродвигуна, підключеного до цього ланцюга:

$$I_{\text{ВСТ}} \geq I_{\text{ПУСК}} / \alpha, \quad (7.8)$$

де $I_{\text{ПУСК}}$ – пусковий струм найбільш потужного електродвигуна з підключених до лінії живлення;

α – коефіцієнт короточасного перевантаження плавкої вставки (приймається рівним 2,5 – для двигунів, що пускаються без навантаження; 2,0-1,6 – для двигунів, що пускаються при навантаженні на валу; 1,6 – для ліній, прокладених до зварочних трансформаторів або для двигунів з важким пуском (наприклад, кранових).

Пусковий струм електродвигуна визначають за формулою

$$I_{\text{ПУСК}} = k_{\text{П}} \cdot I_{\text{Н}}, \quad (7.9)$$

де $k_{\text{П}}$ – кратність пускового струму (обирається за даними каталогів виробників);

$I_{\text{Н}}$ – номінальний струм електродвигуна, визначається за співвідношенням

$$I_{\text{Н}} = \frac{P_{\text{Н}}}{U_{\text{Н}} \cdot \eta \cdot \cos \varphi}, \quad (7.10)$$

де η – коефіцієнт корисної дії електродвигуна.

Номінальний струм вставки обирають за більшим значенням струму, визначеному з умов (7.9) і (7.10).

3. Струм плавкої вставки запобіжника, що служить для захисту проводів електричної лінії від струмів короткого замикання, повинний задовольняти співвідношенню

$$I_{\text{ВСТ}} \leq 3 \cdot I_{\text{Д}}, \quad (7.11)$$

де $I_{\text{Д}}$ – допустимий тривалий струм проводу або кабелю.

При захисті лінії максимальними автоматичними вимикачами номінальний струм уставки автомата обираєть за аналогічних умов

$$I_{\text{УСТ}} \geq I_{\text{Р}}, \quad (7.12)$$

$$I_{\text{УСТ}} \geq I_{\text{ПУСК}} / \alpha, \quad (7.13)$$

де α приймають рівним $4 \div 6$.

Крім того, якщо автомат має комбінований розчеплювач, що спрацьовує миттєво при струмах короткого замикання і з витримкою часу при струмі перевантаження в колі, то повинна виконуватися умова

$$I_{уст} \leq I_{д}. \quad (7.14)$$

Якщо ж мається тільки максимальний розчеплювач миттєвої дії, то повинна виконуватися умова

$$I_{уст} \leq 4,5 \cdot I_{д}. \quad (7.15)$$

При виборі плавкої вставки лінії, що живить групу асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором, номінальний струм плавкої вставки обирають за умови

$$I_{вст} \geq \frac{I_{р} + (I_{пуск} - I_{н})}{2,5}, \quad (7.16)$$

а номінальний струм уставки автоматичного вимикача

$$I_{уст} \geq I_{р} + (I_{пуск} - I_{н}) \quad (7.17)$$

де $I_{р}$ – максимальний розрахунковий струм лінії;

$I_{пуск}$, $I_{н}$ – пусковий і номінальний струм самого потужного електродвигуна.

При захисті магістральної лінії, що живить кілька асинхронних короткозамкнених електродвигунів, можливі випадки, коли величина $I_{пуск}/\alpha$ виявляється менше розрахункового струму магістралі, у цьому випадку номінальний струм плавкої вставки й уставки автомата обирають за умов:

$$I_{вст} \geq I_{р}; \quad I_{уст} \geq I_{р}. \quad (7.18)$$

Оцінку пікового струму лінії можна провести за умови

$$I_{пик} = I_{пуск} + I_{р} - k_{в} \cdot I_{н.м}, \quad (7.19)$$

де $I_{пуск}$ – пусковий струм електродвигуна найбільшої потужності, А;

$I_{р}$ – розрахунковий максимальний струм усіх електроприймачів лінії, А;

$k_{в}$ – коефіцієнт використання механізму з електродвигуном найбільшої потужності;

$I_{н.м}$ – номінальний струм електродвигуна найбільшої потужності (з найбільшим пусковим струмом), А.

Для освітлювальних мереж з одночасним увімкненням групи ламп розжарювання, у яку входять лампи потужністю 500 Вт і вище, необхідно враховувати пусковий струм, що перевищує номінальний у 10-20 разів, захисні апарати обирають за умов:

$$I_{вст} \geq \frac{I_{пуск}}{2,75 \div 3}; \quad I_{уст} \geq 1,5 I_{р.о}; \quad (7.20)$$

де $I_{р.о}$ – розрахунковий (максимальний) струм освітлювальної лінії.

Для ліній із ртутними лампами високого тиску ДРЛ, що мають кратність пускового струму 2,5-3 і велику кратність пуску, величини $I_{вст}$ і $I_{уст}$ обирають за умов:

$$I_{вст} \geq 1,1 I_{р.о}; \quad I_{уст} \geq 1,25 I_{р.о}. \quad (7.21)$$

За отриманими розрахунковими даними електричного захисту ліній обирають стандартну плавку вставку або автоматичний вимикач на найближчий номінальний струм, виходячи з ряду стандартних номінальних струмів, А: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000. Потім необхідно уточнити величину перетину проводу або кабелю так, щоб припустиме тривале навантаження на нього не було менше 100-125 % номінального струму плавкої вставки запобіжника або уставки автоматичного вимикача.

Мережі на струми 500 А і вище виконуються шинопроводом.

7.4. Вибір потужності і визначення втрат у трансформаторах підстанцій

Необхідне значення сумарної номінальної потужності трансформаторів підстанції можна визначити за формулою:

$$S_{н.т} = S_p / m \quad (7.22)$$

де m – коефіцієнт кратності допустимого навантаження (для масляних трансформаторів коефіцієнт кратності 1,05).

Далі, виходячи з цього необхідного значення сумарної номінальної потужності, залежно від необхідної надійності функціонування системи електропостачання, за каталожними даними (див. додаток 3, табл. ДЗ.1 і ДЗ.2) обирають кількість і потужність трансформаторів підстанції.

В усіх випадках прагнуть мати мінімальну кількість типорозмірів трансформаторів і їх мінімальну кількість на кожній підстанції, що спрощує обслуговування трансформаторів при мінімумі витрат.

При виборі для однієї підстанції двох трансформаторів, наприклад у випадку споживачів першої категорії, піключених до цієї підстанції, потужність кожного трансформатора доцільно прийняти рівною 65 % від повної потужності споживача. У цьому випадку при виході з ладу одного трансформатора другий справний трансформатор буде завантажений на 130 % номінальної потужності, що допускається за нормативами при аварійній ситуації.

Втрати активної потужності обраних трансформаторів можна визначити за наступними співвідношеннями:

$$\Delta P_T = \Delta P'_x + k_3^2 \cdot \Delta P'_k, \quad (7.23)$$

$$\text{де } \Delta P'_x = \Delta P_x + k_{пв}^2 \Delta Q_x; \quad (7.24)$$

$$\Delta Q_x = S_{н.тр} I_{xx} / 100; \quad (7.25)$$

$$\Delta P'_k = \Delta P_k + k_{пв} \Delta Q_k; \quad (7.26)$$

$$\Delta Q_k = S_{н.тр} U_k / 100, \quad (7.27)$$

де $\Delta P'_x$ – зведені втрати потужності холостого ходу;

k_3 – коефіцієнт навантаження трансформатора, $k_3 = S_{р.тр} / S_{н.тр}$;

$S_{р.тр}$ – середня розрахункова потужність навантаження трансформатора;

$S_{н.тр}$ – номінальна повна потужність трансформатора;

$\Delta P'_k$ – зведені втрати потужності короткого замикання;

ΔP_x – втрати потужності холостого ходу (прирівнюються до втрат у сталі трансформатора);

$k_{пв}$ – коефіцієнт підвищення втрат, який приймається рівним 0,05 кВт/кВАр;

ΔQ_x – реактивна потужність холостого ходу трансформатора;

I_{xx} – струм холостого ходу трансформатора у процентах;

$\Delta P'_k$ – зведені втрати потужності короткого замикання трансформатора;

ΔP_k – втрати потужності короткого замикання трансформатора (втрати в міді трансформатора);

ΔQ_k – реактивна потужність, яка споживається трансформатором;

U_k – напруга короткого замикання трансформатора у відсотках.

Для спрощеного визначення втрат у трансформаторі рекомендується користуватися формулами:

$$\Delta P_T = (0,02 \div 0,025) \cdot S_{н.тр}; \quad (7.28)$$

$$\Delta Q_T = (0,105 \div 0,125) \cdot S_{н.тр}. \quad (7.29)$$

При введенні в експлуатацію трансформаторів варто мати на увазі, що для нормальної роботи електроустаткування і освітлення на вторинній обмотці трансформаторних підстанцій будівельних майданчиків напруга при холостому ході повинна бути на 10 % більше номінальної. Установити необхідне перевищення номінальної напруги на холостому ходу можна за допомогою переключення спеціальних вивідних витків на вторинній обмотці трансформаторів.

Контрольні запитання і завдання

1. Які питання вирішують при проектуванні схем електропостачання будинків і споруд?
2. Які положення враховують при проведенні розрахунків електричних мереж?
3. Як визначають перетин проводів і кабелів?
4. Які відхилення напруги допускаються на електроприймачах?
5. Як обирають плавкі вставки запобіжників?
6. Як обирають автоматичні вимикачі?
7. Як враховуєть пусковий струм асинхронних електродвигунів?
8. Як обираєть потужність трансформатора підстанції?
9. Як враховують втрати у трансформаторах?

ТЕМА 8

ЗАХИСТ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

8.1. Види захисту електричної мережі

Режим електричної мережі, при якому електричний струм значною мірою перевищує розрахункові значення, вважається аварійним. Аварійні режими виникають у випадках руйнування ізоляції (короткі замикання) або перевантаження елементів електричної мережі і приводять до тяжких наслідків: вихід з ладу електроустаткування, пожежі, ураження персонала електричним струмом.

Короткі замикання (КЗ). У наслідок руйнування або поверхневого перекриття ізоляції, або неправильної зборки схеми можливі одно-, дво- і трифазні КЗ. При замиканні напруги однієї з фаз електричної мережі на землю, або нульовий провід має місце однофазне КЗ; при замиканні двох фаз між собою або на землю – двофазне КЗ. Трифазне КЗ має місце при замиканні трьох фаз між собою або на землю.

Струми КЗ обмежені лише невеликими опорами короткозамкненої лінії і досягають значень, що у десятки разів перевищують номінальні струми приєднаних електроприймачів, а також припустимі струми провідників. Вони чинять значну динамічну і термічну дію на струмоведучі частини і викликають їхній вихід з ладу. Саме тому важливо локалізувати аварію - відключити в можливо короткий термін ушкоджену ділянку мережі.

Перевантаження - розповсюджений в електричних мережах вид аварії, за якої має місце проходження провідниками, в обмотках електродвигунів і трансформаторів підвищених струмів, які викликають їхнє нагрівання до температур вищих за припустимі.

Перевантаження також можуть принести велику шкоду, тому що викликають прискорене старіння і руйнування ізоляції, що може, у свою чергу, призвести до КЗ. Проте перевантаження не призводять до негайного виходу з ладу електроустаткування. У багатьох випадках, особливо за наявності кваліфікованого експлуатаційного персоналу і достатнього контролю за режимом роботи електроустаткування, такі перевантаження малоймовірні.

Нижче наведені основні вимоги стосовно захисту мереж до 1 кВ житлових і громадських будинків [1.1, гл. 3.1].

Захист від коротких замикань. Усі електричні мережі житлових і суспільних будинків повинні мати захист від струмів КЗ із найменшим часом відключення і забезпеченням по змозі вимог селективності. При цьому захист повинний забезпечувати відключення аварійної ділянки при КЗ наприкінці захищеної лінії: а) однофазних і багатофазних - у мережах із глухозаземленою нейтраллю; б) двофазних і трифазних - у мережах з ізольованою нейтраллю.

Вимога щодо найменшого часу відключення забезпечується правильним вибором апаратів захисту, їх належною конструкцією і захисною ха-

рактеристикою. Що стосується селективності дії, то ПУЕ вимагають її дотримання лише по можливості. Суть питання полягає у тому, що струми КЗ проходять через всі апарати захисту, встановлені в ланцюзі, починаючи від джерела живлення, а не тільки через апарати, найближчі до місця ушкодження.

Одночасне миттєве спрацювання всіх апаратів захисту кола неминуче викликало б припинення живлення великої групи електроприймачів, підключених до справних ділянок кола. Такий перебіг у електропостачанні при КЗ у будь-якому елементі мережі, звичайно, вкрай небажаний. Тому доцільно вибирати і розміщати апарати захисту так, щоб їхнє спрацювання відбувалося з деяким зрушенням за часом (витримкою часу) у міру їхнього віддалення від джерела живлення або головної ланки мережі.

При великих значеннях струмів КЗ можливі неселективні спрацювання захисту внаслідок розкиду характеристик, особливо запобіжників. Разом з тим будь-яка затримка з відключенням ушкодженої ділянки небезпечна, тому що може призвести до ще більших ушкоджень. Ось чому, при проектуванні приходиться розв'язувати питання про те, що важливіше: отримати швидкість відключення або обов'язково мати селективність. У випадку житлових і більшості громадських будинків першу вимогу варто вважати більш важливою. При цьому треба ще врахувати, що дотримання селективності в багатьох випадках може зажадати збільшення перерізів проводів, тобто подорожчання всієї електроустановки.

Лише у великих унікальних громадських спорудах (торговельно-розважальних центрах та інш.) або особливо відповідальних об'єктах (музеї, театри і т.п.), незважаючи на перевитрату провідникового матеріалу, необхідно більш серйозну увагу приділяти селективності дії захисту, однак пріоритет вимоги щодо швидкого відключення залишається в силі.

Захист від перевантаження. Від перевантаження повинні бути захищені всі мережі усередині приміщень, виконані відкрито прокладеними незахищеними ізолюваними провідниками. Крім того, захистові від перевантаження в житлових і громадських будинках підлягають мережі, виконані захищеними провідниками, провідниками, прокладеними в трубах, у вогнетривких будівельних конструкціях, до яких приєднані освітлювальні електроприймачі, а також побутові і переносні електроприймачі (праски, чайники, електроплитки, кімнатні холодильники, пральні машини, пилососи і т.п.).

Силові мережі захищають від перевантаження лише при відкритій прокладці цих мереж незахищеними ізолюваними провідниками з горючою оболочкою, а також і при скритій прокладці або при відкритій прокладці захищеними проводами і кабелями, але лише в тих випадках, коли за умовами технологічного процесу або режиму роботи мережі може виникати тривале перевантаження проводів і кабелів. Як правило, у житлових і громадських будинках таких умов у силових мережах не існує, тому вони захищаються тільки від КЗ. Виключення складають мережі живлення силових електроприймачів (ліфти, протипожежні пристрої і т.п.), що відносяться до I категорії за надійністю еле-

ктропостачання, при централізованому встановленні автоматичного вмикання резерву (АВР) (наприклад, на ВРП). Такі мережі доцільно захищати і від перевантаження.

8.2. Апарати захисту

Для захисту внутрішніх мереж житлових і громадських будинків 380/220 В застосовують плавкі запобіжники й автоматичні вимикачі.

Силові електроприймачі, крім того, часто захищають від перевантажень за допомогою теплових реле, вбудованих у магнітні пускачі. Магнітні пускачі здійснюють при цьому і захист від самозапуску при короткочасному зникненні напруги. Самозапуск припустимий лише в системах димозахисту й у колах пожежних насосів, що варто враховувати при розрахунку мережі і виборі апаратів захисту.

Однак головні контакти магнітних пускачів не розраховані на вимикання струмів КЗ. Крім того, теплові реле більшості існуючих конструкцій магнітних пускачів самі мають потребу в захисті від КЗ, тому що при проходженні струмів КЗ нагрівальний елемент може перегоріти швидше, ніж реле встигне вимкнути електродвигун. Тому при застосуванні магнітних пускачів з тепловими реле для захисту від перевантажень необхідно додатково встановлювати в цих колах запобіжники або автоматичні вимикачі для захисту від КЗ.

Дозволяється вважати ці реле термічно стійкими без перевірки розрахунком, якщо відгалуження до електроприймача захищено плавкою вставкою з номінальним струмом, що не перевищує найбільшого тривалого припустимого струму теплового реле більше ніж у 4 рази, або автоматичним вимикачем, номінальний струм теплового роз'єднувача якого перевищує довгостроково допустимий струм теплового реле більш ніж у 2 рази.

Для прикладу розглянемо деякі апарати захисту.



Рис. 8.1 – Запобіжник серії ПН-2

Запобіжники. У силових і освітлювальних мережах напругою до 500 В часто встановлюються запобіжники серії ПН-2 (рис. 8.1), які складається із замінного плавкого елемента, контактів і опорних ізоляторів, що з'єднуються механічно та електрично. Патрон нерозбірний, містить порцеляновий корпус з металевими ковпачками на торцях. Усередині патрона розміщено струмопровідний плавкий елемент, з'єднаний електрично з ковпачком, і дрібнозернистий наповнювач (кварцовий пісок), що забезпечує інтенсивне гасіння електричної дуги при вимкненні струму.

Патрони з пристроєм сигналізації спрацювання мають на одному торці утоплений підпружинений бойок (індикатор), закритий тонкою металевою мембраною. При спрацюванні бойок запобіжника пробиває мембрану і висувається з патрона.

Гасіння дуги відбуваються настільки швидко, що при КЗ струм не встигає досягти свого амплітудного значення. Тому подібні запобіжники є струмообмежуючими. Так, наприклад, запобіжники серії ПН-2 з патронами на 100 і 250 А пропускають струм не більш 5 кА при встановленні в мережах зі значно більшими струмами КЗ.

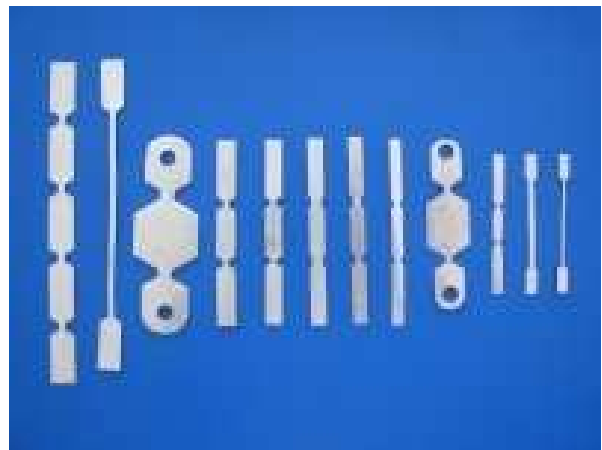
Для захисту від перевантажень та коротких замикань силових та допоміжних мереж електроустановок застосовуються також розбірні запобіжники зі змінним елементом (плавкою вставкою) серії ПР-2. У старих конструкціях запобіжників цієї серії дугогасіння відбувається за рахунок інтенсивного виділення газів з поверхні фібри при перегорянні вставки. Нові конструкції запобіжників ПР-2, корпуси і кришки яких виготовляються з негорючих полімерів, мають збільшений ресурс роботи і вищу електроізоляційну міцність [2.5].

Основними елементами запобіжників ПР-2 є плавка вставка (рис.8.2,б) й дугогасящий пристрій (корпус запобіжника), що гасить дугу, яка виникає після плавлення вставки.

Процес гасіння дуги в запобіжнику ПР-2 відбувається наступним чином. При відключенні згоряють звужені перешийки плавкої вставки, після чого виникає дуга. Під дією високої температури в герметичному патроні відбувається збільшення тиску, у зв'язку з чим піднімається вольт – амперна характеристика дуги, що сприяє її швидкому гасінню.



а



б

Рис. 8.2 – Запобіжники серії ПР-2:

а – загальний вигляд; б – плавка вставка

Плавка вставка запобіжника ПР-2 (ЗР-2) має від одного до чотирьох звужень залежно від номінальної напруги. Звужені участки сприяють швидкому її топленню при короткому замиканні та створюють процес токообмеження.

У табл. 8.1 наведені основні технічні дані запобіжників ПР-2 і ПН-2.

Таблиця 8.1 – Технічні дані деяких запобіжників

Тип запобіжника	Номинальний струм патрона, А	Номинальний струм плавкої вставки, А	Конструкція патрона	Граничний струм відключення при напрузі 500 В, кА
ПР-2	15 60 100 200 350 600 1000	6, 10, 15 15, 20, 25, 35, 45, 60 60, 80, 100 100, 125, 160 200, 225, 260, 300, 350 350, 450, 500, 600 600, 700, 850, 1000	Розбірний без наповнювача	
ПН-2-100	100	30, 40, 50, 60, 100	Не розбірний з наповнювачем	50
ПН-2-250	250	80, 100, 120, 150, 200, 250		40
ПР-2-400	400	200, 250, 300, 350, 400		25
ПР-2-600	600	350, 450, 500, 600		10

Захисні характеристики запобіжників. Час розплавлення плавкої вставки запобіжника залежить від струму. Чим більше струм, тим швидше розплавляється плавка вставка. Залежність повного часу відключення (тривалість розплавлення плавкої вставки і горіння дуги) від струму, що відключається, називається часово-струмовою або захисною характеристикою. Оскільки з підвищенням кратності струму час перегорання плавкої вставки зменшується, характеристика називається зворотно-залежною.

На рис. 8.3 приведені усереднені часово-струмові характеристики запобіжників ПН-2. Відзначимо, що залежно від виробничих допусків, матеріалу вставки, його старіння, стану контактних з'єднань, впливу навколишнього середовища час спрацювання при тому самому струмові може коливатися в значних межах (до $\pm 50\%$). Це недолік плавких запобіжників який утруднює селективну роботу захисту.

Рекомендується для забезпечення селективної роботи запобіжників, щоб кожна наступна в сторону джерела живлення плавка вставка була на дві сходинки більше попередньої, якщо це не призводить до збільшення перерізу проводів. Різниця в одну ступінь є обов'язковою у всіх випадках. Для особливо відповідальних будинків при виборі плавких уставок запобіжників треба враховувати розкид захисних характеристик.

Автоматичні вимикачі це більш досконалі апарати захисту, які порівняно з запобіжниками мають низку переваг:

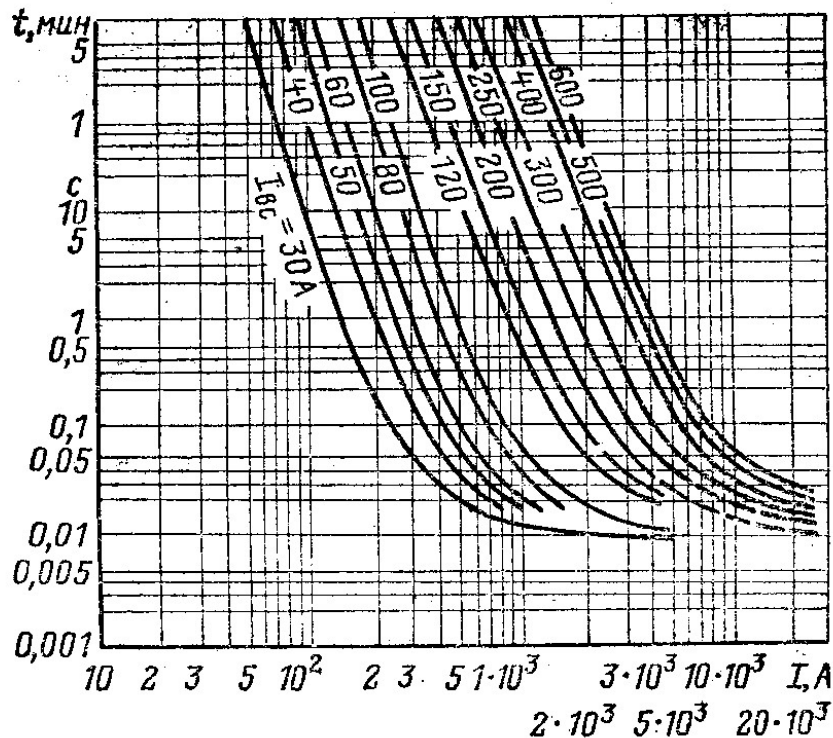


Рис. 8.3 – Часово-струмові характеристики запобіжників серії ПР-2

- при перевантаженні або КЗ автоматичний вимикач відключає всі три фази кола, яке захищається, що особливо важливо при захисті відгалуження до електродвигуна (запобігається можливість роботи на двох фазах);
- автоматичний вимикач після спрацювання швидко готовий до роботи, у той час як у запобіжнику потрібна заміна каліброваної вставки або навіть патрона;
- автоматичні вимикачі мають більш точні захисні характеристики;
- автоматичні вимикачі крім функцій захисту можуть бути використані для нечастих комутацій електричних кіл;
- деякі типи автоматичних вимикачів мають убудовані допоміжні контакти, які використовують в колах блокування і сигналізації, а також незалежні розчеплювачі, які дозволяють здійснювати дистанційне вимикання. Випускаються також автоматичні вимикачі з електроприводом, що дозволяє мати дистанційне включення апарата.

Промисловість випускає також автоматичні вимикачі укомплектовані тепловими, електромагнітними або комбінованими розчеплювачами (останні становлять собою сполучення теплового й електромагнітного роз'єднувача). Час спрацювання теплових розчеплювачів автоматичних вимикачів, так само як і запобіжників, зменшується із збільшенням струму, тобто вони мають зворотно-залежну від струму характеристику. Електромагнітні розчеплювачі спрацьовують практично миттєво при струмі, на який вони налаштовані.

Розчеплювачі характеризуються номінальним струмом, тобто струмом, який вони витримують необмежено довго. Найменший струм, що викликає від-

ключення автоматичного вимикача, називається **струмом зрушення** або струмом спрацьовування. Під уставкою розчеплювача розуміється налаштування його на обране значення струму зрушення. Уставка струму електромагнітного розчеплювача на миттєве спрацьовування називається **відсіченням**. Важливо підкреслити, що номінальний струм автоматичного вимикача характеризує пропускну здатність його контактних частин і відповідає номінальному струмові його найбільшого теплового розчеплювача.

Автоматичні вимикачі поділяють на нерегульовані і регульовані. До перших відносять автоматичні вимикачі, уставки розчеплювачів яких відрегульовані на заводі-виготовлювачі і ніяких пристроїв для регулювання в процесі монтажу й експлуатації не мають. Інша група має спеціальні пристрої, що дозволяють змінювати струм уставки шляхом впливу на механічну систему автоматичного вимикача.

Деякі типи автоматичних вимикачів на великі струми (1000 А і більше) мають годинникові механізми, за допомогою яких можливо забезпечити селективну роботу захисту.

Вимикачі можуть мати електромагнітний і тепловий розчеплювачі або тільки електромагнітний. Можливо регулювання номінальних струмів розчеплювачів у межах 0,9-1,15 значень номінального струму. Розчеплювачі з номінальним струмом, рівним номінальному струму автоматичного вимикача, регулюються тільки в сторону зменшення.

Розглянемо для прикладу характеристики деяких типів автоматичних вимикачів (див. також додаток 4).

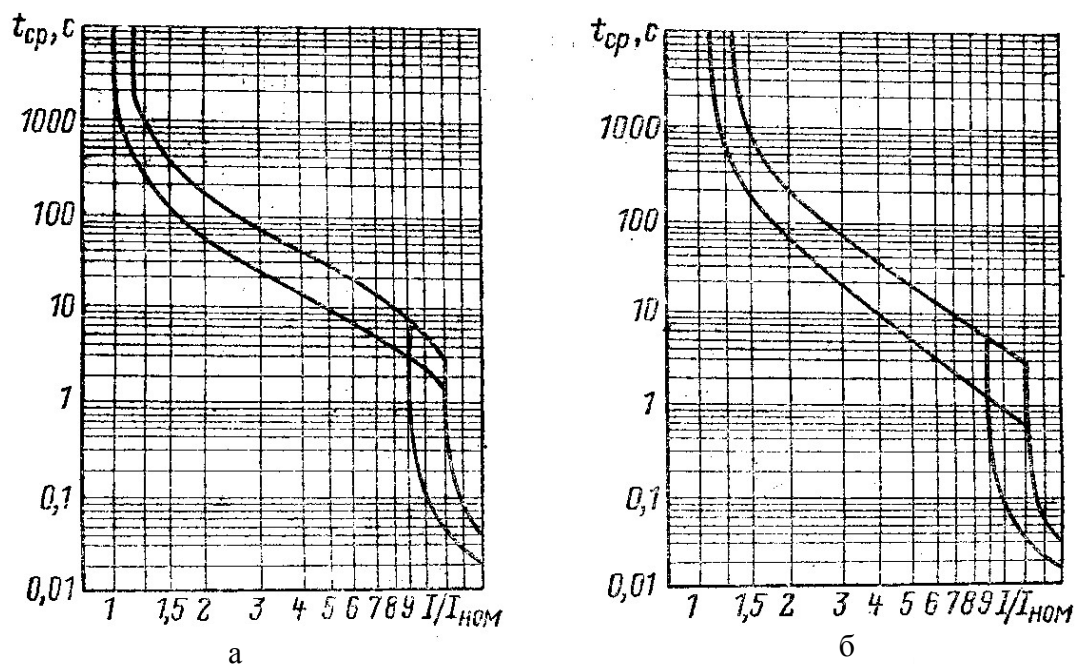


Рис. 8.4 – Захисні характеристики вимикачів серії АЕ20 з комбінованими розчеплювачами при температурі 20°C:

а – з температурною компенсацією; б – без температурної компенсації

Автоматичні вимикачі серії АЕ. На рис. 8.4 показані захисні характеристики автоматичних вимикачів серії АЕ20 за наявності пристроїв температурної компенсації (рис. 8.4,а) і без температурної компенсації (рис. 8.4,б). Уставка електромагнітних розчеплювачів по струму спрацьовування в зоні КЗ (струм відсічення) для усіх вимикачів серії АЕ20 дорівнює $12 \cdot I_p$. Електромагнітні розчеплювачі не спрацьовують при струмі, рівному 0,8 струму уставки, і спрацьовуюють протягом 0,04 с при струмі 1,2 струму уставки і більш.

Автоматичні вимикачі серії ВА200Х [2.6] призначені для захисту низьковольтних електричних мереж від перевантажень та струмів короткого замикання, а також для оперативних відключень електричних кіл (випускаються типів ВА-2000, ВА-2001, ВА-2002, ВА-2003, ВА-2004, ВА-2006, ВА-2010-S).

Серія автоматичних вимикачів ВА-2000 (рис. 8.5,а) виготовляється з часово-струмовою характеристикою відімкнення типу В (допускаються короточасні перевантаження у 3...5-кратному розмірі від номінального струму). Призначені для захисту переважно активних споживачів, та кіл в побутових та адміністративних спорудах. Ряд номінальних струмів цих вимикачів - 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63А.



Рис. 8.5 – Автоматичні вимикачі:
а - ВА-2000; б – ВА-2001; в – ВА2004

Серія вимикачів ВА-2001 (рис. 8.5,б) виготовляється з часово-струмовою характеристикою типу С (допускаються короточасні перевантаження у 5...10-кратному розмірі від номінального струму). Призначені для використання в умовах де присутні електричні двигуни з нормальними умовами пуску, та інші навантаження з допустимими короточасними перевантаженнями. Ряд номінальних струмів цих вимикачів - 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63 А.

Дво-, три- і чотириполюсні автоматичні вимикачі серії ВА-2004 (рис. 8.5,в) призначені для захисту електричних кіл від перевантажень і струмів короткого замикання, а також для оперативних комутацій електричних кіл на струми від 3 до 800 А.

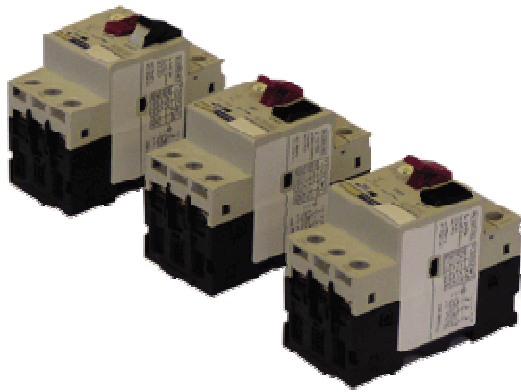


Рис. 8.6 – Автоматичні вимикачі
ВА-2005

Триполюсні низьковольтні автоматичні вимикачі серії ВА-2005 (рис. 8.6), призначені для захисту електричних двигунів від перенавантажень і струмів короткого замикання, а також для оперативних їх комутацій.

Включення здійснюється вручну, шляхом натискання кнопки “Пуск”-“I”.

Відключення здійснюється вручну, шляхом натискання кнопки “Стоп”-“0”, або автоматично при спрацюванні термомагнітного захисту або розчеплювачів напруги.

Ручне керування можливе при застосуванні автоматичного вимикача в якості електромагнітного пускача.

Автоматичне та дистанційне керування можливе тільки при використанні автоматичного вимикача разом з контактором.

Технічні характеристики автоматичних вимикачів серії ВА-2005 наведені в табл. Д.4.4.

8.3. Вибір і розміщення апаратів захисту

При виборі апаратів захисту дотримуються наступних основних вимог.

1. Напруга і номінальний струм апаратів повинні відповідати напрузі і розрахунковому тривалому струмові кола. Номінальні струми розчеплювачів автоматичних вимикачів і плавких уставок запобіжників вибирають по змозі найменшими за розрахунковими струмами цих ділянок мережі. Апарати не повинні відключати установку при перевантаженнях, які виникають в умовах нормальної експлуатації, наприклад при включенні короткозамкненого електродвигуна, одночасному вмиканні групи ламп тощо.

2. Апарати захисту повинні забезпечувати надійне відключення одно- і багатofазних замикань у мережах із глухо заземленою нейтраллю.

3. Повинна бути забезпечена по змозі селективність дії захисту.

З урахуванням зазначених вимог варто вибирати плавкі вставки запобіжників і розчеплювачі автоматичних вимикачів по співвідношеннях, поданих у табл. 8.2, що прийняті на підставі каталожних даних і захисних характеристик.

Таблиця 8.2 – Розрахункові формули для вибору апаратів захисту в силових і освітлювальних колах

Апарат захисту	Силові кола		Кола освітлення		
	Лінії до одиначних електроприймачів	Лінії до групових електроприймачів	Лампи розжарювання	Люмінесцентні лампи	Лампи ДРЛ, ДРИ, ДНаТ
Плавка вставка запобіжника	$I_{B3} \geq I_{ном.е}$ $I_{B3} \geq I_{пуск}/\alpha$	$I_{B3} \geq I_{max}$ $I_{B3} \geq (I'_{пуск} + I'_{max})/\alpha$	$I_{B3} \geq I_{max}$	$I_{B3} \geq I_{max}$	$I_{B3} \geq 1,2 \cdot I_{max}$
Тепловий розчеплювач автоматичного вимикача з нерегульованою і регульованою зворотно-залежною від струму характеристикою з номінальним током розчеплення	$I_p \geq 1,25 \cdot I_{ном.е}^{**}$	$I_p \geq 1,1 \cdot I_{max}^{**}$	$I_p \geq I_{max}$	$I_p \geq I_{max}$	$I_p \geq 1,3 \cdot I_{max}$
Комбінований розчеплювач автоматичного вимикача з нерегульованою і регульованою зворотно-залежною від струму характеристикою з номінальним током розчеплення	$I_p \geq 1,25 \cdot I_{ном.е}^{**}$	$I_p \geq 1,1 \cdot I_{max}^{**}$ $I_{уст.е.p} \geq 1,2(I'_{пуск} + I'_{max})/$	$I_p \geq I_{max}^{***}$	$I_p \geq I_{max}$	$I_p \geq 1,3 \cdot I_{max}$

* Формула для автоматичних вимикачів з кратністю струму відсічення не менше 10.

** При установці автоматичних вимикачів у шкафу підвищуючі коефіцієнти не вводять (формули справедливі для температури оточуючого середовища 40 °С). Для ліній до електроприймачів, які не мають електродвигунів, коефіцієнти 1,25 і 1,1 не застосовують.

У табл. 8.2 і далі прийняті наступні позначення: $I_{вз}$ – номінальний струм плавкої вставки запобіжника, А; I_p – номінальний струм теплового або комбінованого розчеплювача, А; $I_{уст.е.р}$ – струм уставки (спрацьовування) електромагнітного розчеплювача миттєвої дії, А; I_{max} – розрахунковий струм навантаження, А; $I_{ном.е.}$ – номінальний струм електроприймача, А; $I_{пуск}$ – пусковий струм короткозамкнутого електродвигуна або іншого електроприймача, А; $I'_{пуск}$ – найбільший пусковий струм одного електродвигуна в даній групі; при одочасному запуску групи електродвигунів сумарний пусковий струм цієї групи, А; I'_{max} – розрахунковий струм інших електродвигунів групи, що працюють у тривалому режимі, А, α – коефіцієнт, що залежить від умов і тривалості пускового періоду. Може прийматися рівним 2,5 у всіх випадках, за винятком ліній до електродвигунів із тривалістю пускового періоду не більш 2 - 2,5 с (великі вентилятори з великими маховими масами, ліфти тощо); у цих випадках приймається $\alpha = 1,6$.

Теплові елементи реле, що вбудовуються в магнітні пускачі, обирають за формулами, наведеними у табл. 8.2 для автоматичних вимикачів з тепловими розчеплювачами.

Нормовані величини. Групові лінії мереж внутрішнього освітлення повинні бути захищені запобіжниками або автоматичними вимикачами на струм не більше 25 А. Виключенням є групові лінії, що живлять газорозрядні лампи одиничною потужністю 125 Вт і більше або лампи розжарювання 500 Вт і більше, які допускається захищати плавкими вставками запобіжників або розчеплювачами автоматичних вимикачів на струм до 63 А. Струм апаратів захисту групових ліній, що живлять лампи потужністю 10 кВт і більше, повинен відповідати струму лампи.

Для групових ліній, що живлять освітлювальні і побутові електроприймачі квартир, плавкі вставки запобіжників або теплові і комбіновані розчеплювачі автоматичних вимикачів для групової освітлювальної мережі повинні бути 16 А, штепсельної мережі – також 16 А (при підключенні кондиціонера – 25 А); для самостійної групи живлення побутових машин до 4 кВт – 25 А, для групи живлення електроплит до 5,8 кВт і до 8 кВт – відповідно 32 і 40 А; для ліній від поверхових щитків у газифікованих будинках і будинках з електроплитами до 5,8 кВт – 40 А, у будинках з електроплитами від 5,9 до 8 кВт – 50 А.

Вимоги, яких необхідно дотримуватись при розміщенні апаратів захисту в електричних мережах, наведені в ПУЕ [1.8] та ДБН В.2.5-23-2003 [1.1]. Розглянемо основні положення цих вимог.

1. Апарати захисту повинні розташовуватися в місцях, по змозі доступних для обслуговування, і таким чином, щоб була виключена можливість їх механічних пошкоджень. Доступ до апаратів захисту з відкритими струмоведучими частинами дозволяється тільки кваліфікованому персоналу. Обладнання повинно виконуватися так, щоб при роботі з ним була виключена небезпека для обслуговуючого персоналу.

2. Апарати захисту слід встановлювати у всіх точках мережі, де переріз провідників зменшується в напрямку до місць споживання електроенергії.

3. Запобіжники й автоматичні вимикачі потрібно встановлювати на всіх нормально незаземлених фазах. У нульових проводах, у тому числі в двопровідних групах, захисні апарати не встановлюють. Винятком є мережі у вибухонебезпечних приміщеннях класу В-1, де апарати захисту встановлюють у фазному і нульовому проводах. У цих приміщеннях для занулення прокладають самостійний провідник.

4. На квартирних групових щитах апарати захисту (запобіжники й автоматичні вимикачі) встановлюють тільки у фазних проводах. Перед лічильником встановлюють двухполосний вимикач, який вимикає не тільки фазний, але і робочий нульовий провід вводу у квартиру.

5. Установка апаратів захисту в нульових проводах, що використовуються для занулення, забороняється.

6. При використанні провідників з негорючою оболонкою або при прокладці їх у трубах, а також за умови, що перетин провідників між лінією живлення і захисним апаратом узятो не меншим ніж після захисного апарата, допускається встановлювати апарати захисту на відстані до 6 м від живлячої лінії. Відкрита прокладка провідників на цій ділянці допускається тільки в пожежобезпечних приміщеннях по негорючих поверхнях. Для відгалужень, виконаних провідниками в трубах або провідниками з негорючою оболонкою, що прокладаються у важкодоступних місцях (наприклад, на великій висоті), довжина незахищеної ділянки може бути до 30 м, при цьому перетин проводів повинен бути прийнятий за розрахунковим струмом, але не менш 10 % пропускної здатності захищеної ділянки лінії.

7. Якщо це визнано доцільним за умовами експлуатації, допускається також не встановлювати апарати захисту: а) у місці зниження перетину живлячої лінії за її довжиною і на відгалуженні від неї, якщо захист попередньої ділянки лінії захищає ділянку зі зниженим перетином або якщо незахищена ділянка лінії або відгалуження від неї виконані провідниками, перетин яких прийнято не менше половини перетинів захищених ділянок; б) на відгалуженнях від живлячої лінії провідників ланцюгів виміру, керування і сигналізації, якщо ці провідники не виходять за межі відповідних машин чи щитів, або ці провідники виходять за їхні межі, але прокладені в трубах або мають вогнетривку оболонку.

8. Установка апаратів захисту заборонена в колах керування і сигналізації, відключення яких може викликати небезпечні наслідки (наприклад, відключення пожежних насосів, аварійних вентиляторів і т.д.). Такі ланцюги варто виконувати провідниками з вогнетривкою оболонкою або прокладати у трубах.

9. Допускається виконання захисту різних ділянок однієї мережі запобіжниками й автоматичними вимикачами. При цьому рекомендується встановлювати запобіжники на головних ділянках мережі. Вибір апаратів проводиться за їх захисними характеристиками.

Контрольні запитання і завдання

1. Що розуміється під аварійним режимом електричної мережі?
2. Які види КЗ можливі в електричній мережі?
3. Поясніть наслідки перевантаження електричної мережі?
4. Які види захисту від КЗ?
5. Які види захисту від перевантаження?
6. Поясніть конструкцію і роботу запобіжника ПН-2?
7. Поясніть часово-струмові характеристики запобіжників ПН-2?
8. Які переваги автоматичних вимикачів у порівнянні із запобіжниками?
9. Поясніть особливості дії автоматичних вимикачів?
10. Поясніть основні технічні характеристики автоматичних вимикачів серії АЕ20.
11. Поясніть основні технічні характеристики автоматичних вимикачів серії ВА-2000.
12. Які основні вимоги до апаратів захисту?
13. Поясніть принцип роботи теплового реле?
14. Поясніть принцип роботи електромагнітного реле?

ТЕМА 9

КОНСТРУКТИВНЕ ВИКОНАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Залежно від місця розташування електрообладнання живлячих і розподільних мереж систем електропостачання можна поділити на три групи: зовнішнє, прибудоване і внутрішнє відносно житлових і громадських будинків.

До першої групи відносять різноманітні ТП, РП, повітряні і кабельні ЛЕП.

Другу групу утворюють ТП, РП, ВРП які знаходяться в приміщеннях, конструктивно з'єднаних з будинком, де знаходяться електроспоживачі.

До третьої групи відносять різноманітні ВРП, поверхові і квартирні щитки, ГРЩ, силові РП, щитки з понижуючими трансформаторами, шафи і пункти з елементами автоматики протипожежних пристроїв, які знаходяться усередині житлових і громадських будинків. Як правило вони є комплектними пристроями для прийому і розподілу електроенергії в чотирипровідних електричних мережах до 1 кВ, в них змонтовані комутаційні і захисні апарати, вимірювальні прилади, в окремих випадках - апаратура автоматики.

Типізація конструктивних рішень будівельної частини споруд дозволяє уніфікувати елементи їхніх електроустановок і створити досить стабільну номенклатуру комплектних пристроїв.

У сучасних житлових і громадських будинках головним чином виконують приховані електропроводки. Відкриті проводки застосовують лише в підсобних приміщеннях - підвалах, технічних підпіллях, горищах і в технічних приміщеннях. Приховані проводки в приміщеннях з нормальним середовищем мають переваги перед відкритими проводками як за умовами естетичності, гігієнічності, безпеки і довговічності, так і за умовами вартості і трудомісткості їхнього монтажу. На вибір виду і траси прокладки прихованих електропроводок впливають розміщення електроприймачів і планувальні рішення. Не менше значення мають конструктивне виконання стін і перекриттів будинку, способи виготовлення будівельних конструкцій і методи їхнього монтажу.

9.1. Розміщення трансформаторних підстанцій

Зазвичай в електричних мережах використовують **комплектні трансформаторні підстанції** (КТП) різноманітного призначення: блочні підстанції (БКТП), кіоскові прохідні і тупикові, для міських електромереж (КТПММ), підстанції у бетонній оболонці (КТПБ - бетонна КТП), щоглові КТП, стовпові КТП, підстанції для прогріву бетону й ґрунту, підстанції для залізниць (КТПЗ), в яких утворюються сухі і масляні трансформатори потужністю від 10 до 4000 кВА на напругу 6 кВ, 10 кВ, 15 кВ, 20 кВ, 35 кВ.

Розглянемо загальні характеристики деяких КТП [2.7].

Бетонні трансформаторні підстанції КТПБ 6, 10, 35 кВ потужністю до 2500 кВА призначені для живлення міських і промислових споживачів від кабельних мереж до 35кВ. Мають підвищені шумоізоляційні й вогнетривкі харак-

теристики, екологічно нешкідливі. Завдяки невеликим габаритам можуть бути застосовані в густозаселеній міській забудові.

Блочно-модульні комплектні трансформаторні підстанції БМКТП - 1000...4000/10(6)/0,4 потужністю до 4000 кВА напругою ВН 10 або 6 кВ, напругою НН 0,4 кВ являють собою один або декілька блок-модулей, що встановлені на фундамент із цілком змонтованими в межах блоку електричними з'єднаннями (рис.9.1). Призначені для постачання електроенергією промислових підприємств, логістичних центрів, складських комплексів, супермаркетів. Споруда блочної КТП обладнана освітленням та опаленням. Для регулювання освітлення, опалення і штучної вентиляції всередині блочних КТП є шафа власних потреб.



а



б

Рис. 9.1 – Блочно-модульна КТП:

а – зовні; б - усередині

КТП кіоскового типу (рис. 9.2) потужністю 25 – 250 кВА, напругою 6/0,4 кВ, 10/0,4 кВ або 10/6 кВ призначені для електропостачання: котеджних містечок, дачних селищ; сільських господарств; невеликих промислових об'єктів і



Рис. 9.2 – КТП кіоскового типу

об'єктів виробничого призначення; організацій механізації будівництва в районах з помірним і холодним кліматом (від - 55 °С до + 40 °С). КТП кіоскового типу вимагають мінімальних монтажних робіт і встановлюються на найпростіший фундамент. Вони мають цілком закритий доступ до трансформаторного відсіку, ввідного і розподільного пристроїв вищої й нижчої напруги, електричні

й механічні блокування, що забезпечує безпечну роботу обслуговуючого персоналу.

Ці КТП можуть мати кабельні або повітряні вводи й виводи. У КТП-1М кіоскового типу передбачений облік електроенергії (можлива установка модуля автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії), лінія вуличного освітлення, що включається автоматично за сигналом вбудованого реле.

Комплектні трансформаторні підстанції для міських електричних мереж КТПММ - 250 ...2500/10(6)/0,4 прохідного й тупикового типу потужністю 250 кВА, 400 кВА, 630 кВА, 1000 кВА, 1600 кВА, 2500 кВА напругою ВН 10 або 6 кВ, напругою НН 0,4 кВ, частотою 50 Гц призначені для прийому, перетворення й розподілу електричної енергії в одно-дво променевих і петльових схемах електропостачання міських електричних мереж у районах з помірним кліматом.

До складу КТП ММ входять:

- металевий каркас (кіоск) з трьох відсіків: ВН, НН і відділу силового трансформатора;
- розподільний пристрій з боку високої напруги РП ВН передбачає можливість установки розрядників 6-10 кВ типу РВО або ОПН;
- силовий трансформатор (масляний, сухий);
- розподільний пристрій з боку низької напруги РП НН;
- шафа вуличного освітлення.

У шафі РП ВН встановлені вимикачі навантаження ВНПР із пружинно-важільним приводом. У відсіку РП НН встановлені рубильники-запобіжники або автоматичні вимикачі, є загальний облік електроенергії й облік електроенергії вуличного освітлення. Вводи ВН - повітряні або кабельні, виводи НН - кабельні.

Конструкція КТПММ дозволяє транспортувати її разом із трансформатором і передбачає вільну заміну одного трансформатора на інший.

Схема електрична принципова КТП ММ показана на рис. 9.3.

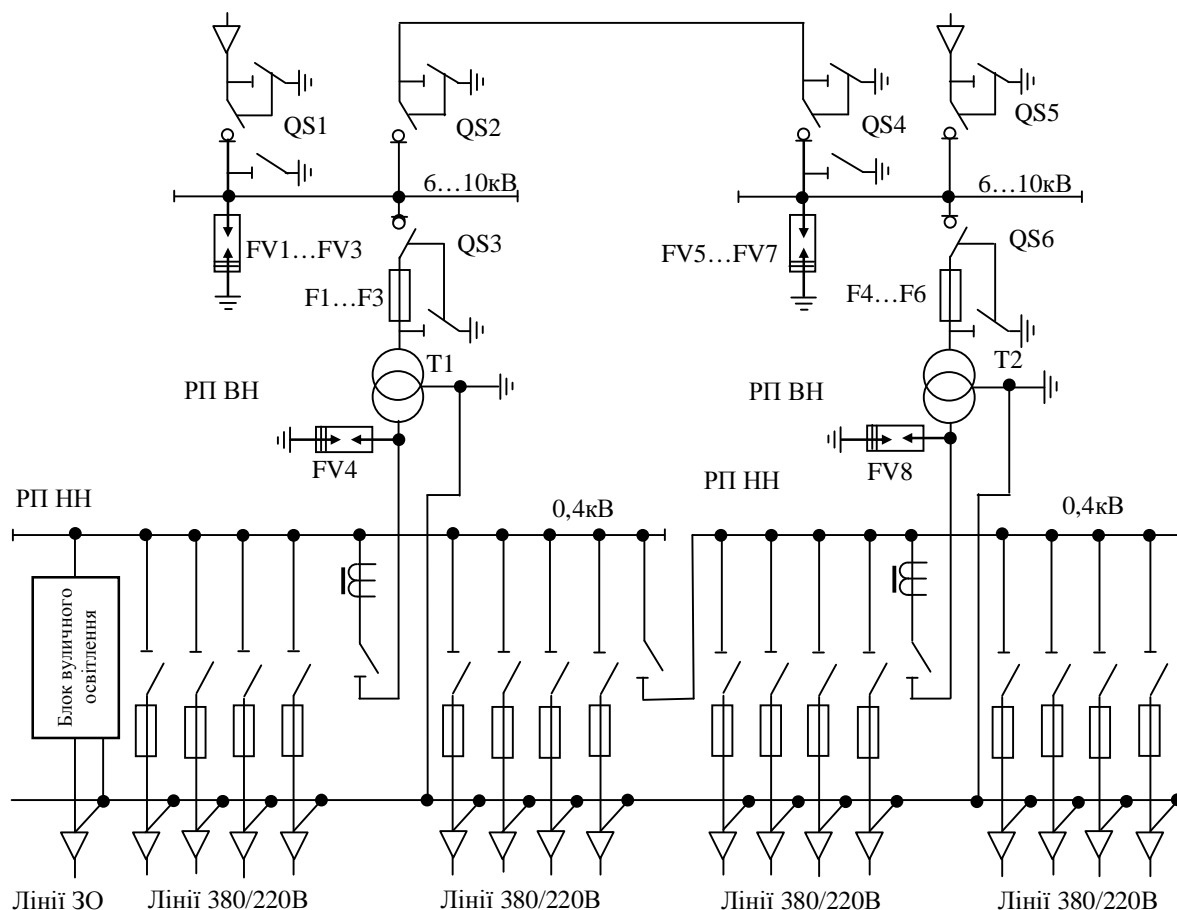


Рис. 9.3 – Схема електрична принципова КТП ММ

Закриті підстанції розташовують у закритих будівлях. В умовах будівництва такими будівлями можуть бути виробничі приміщення. Як приклад, на рис. 9.4 і 9.5. показані плани приміщень типових споруд таких підстанцій, а на рис. 9.6 – зовнішній вигляд камери РП 10 кВ.

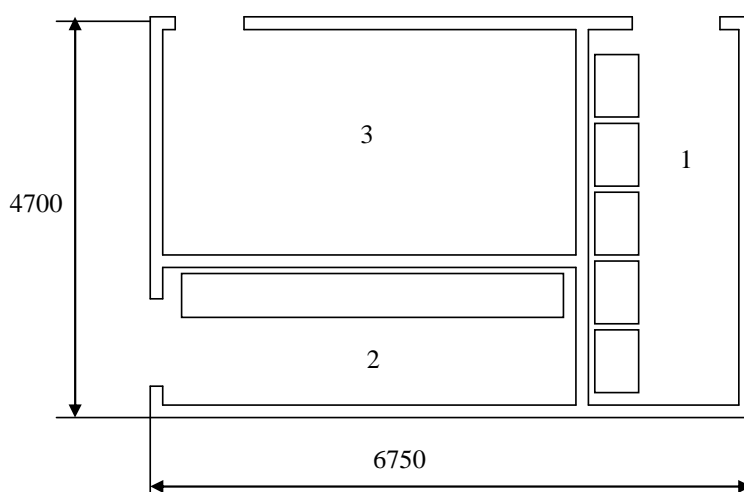


Рис. 9.4 – План трикамерної закритої підстанції на 630 кВА:
 1 – камера РП 0,4 кВ; 2 – камера РП 10 кВ; 3 – камера трансформатора.
 Будівельний об'єм – 150 м^3 , площа забудови – $37,7 \text{ м}^2$

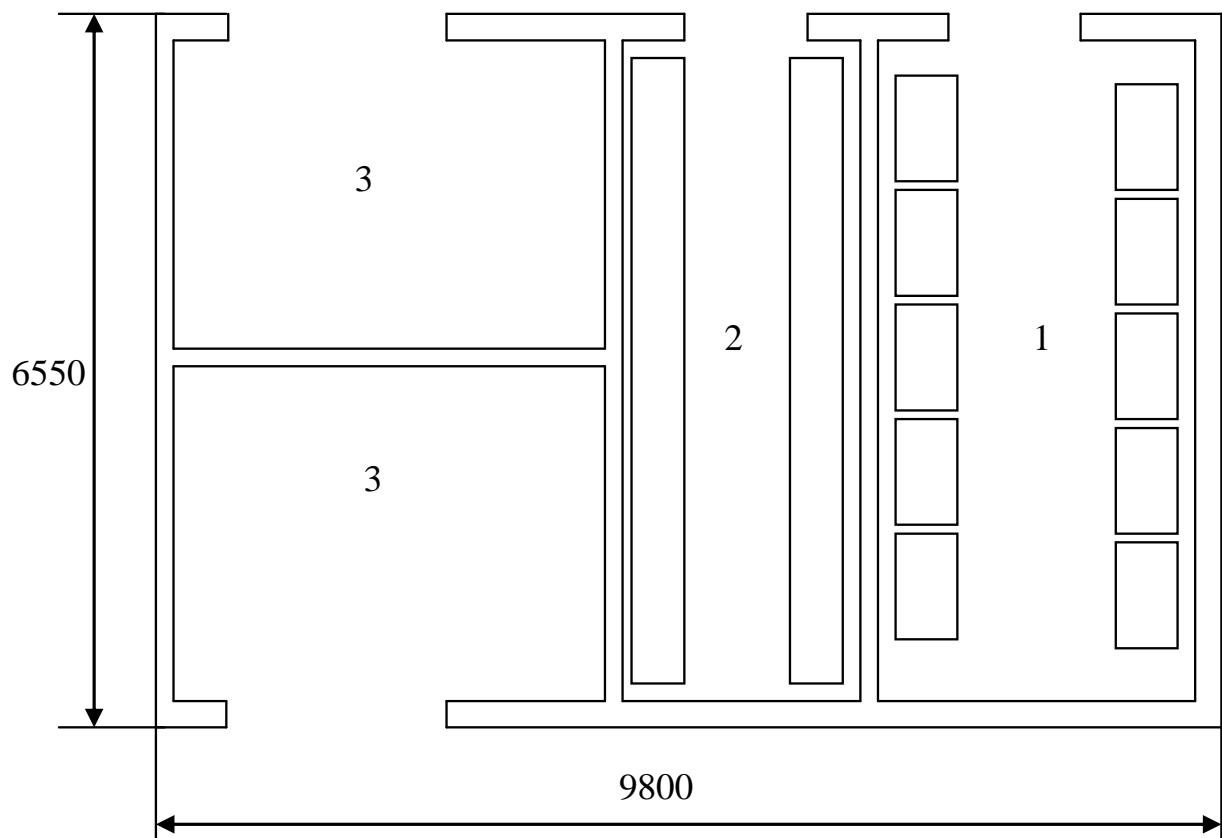


Рис. 9.5 – План чотирикамерної закритої підстанції на 2 х 630 кВА:
 1 – камера РП 0,4 кВ; 2 – камера РП 10 кВ; 3 – камера трансформатора.
 Будівельний об'єм – 243 м³, площа забудови – 64,3 м²



Рис. 9.6 – Камера РП-10 кВ

Закриті підстанції зі спеціальними капітальними спорудами обладнують комплектними трансформаторними підстанціями (КТП) промислового виготовлення для внутрішньої установки потужністю 100 – 1000 кВА з кабельним і повітряним вводом. Основні технічні показники таких підстанцій наведені у табл. 9.1.

До закритих ТП також можна віднести КТП промислового виготовлення для наружного встановлення (КТПН). Конструктивно КТПН це зварений сталевий корпус з трьома відділеннями для апаратури 6-10 кВ, силового трансформатора і розподільної шафи 0,38 кВ.

Допускається повітряне і кабельне підключення до мережі. Повітряний ввід 6-10 кВ і вивід 0,38 кВ виконується через набудову на даху корпусу підстанції. Кабельне підключення до мереж розташовують в нижній частині будів-

лі ПС. Встановлюється КТПН на спеціальному майданчику 3,7 х 2,5 м (як правило, на цегляному або бетонному фундаменті).

Таблиця 9.1 – Показники уніфікованих підстанцій міського типу

Тип ТП	Кількість і потужність трансформаторів, кВА	Площа забудови, м ²	Будівельний об'єм, м ³
В-21-160 м4	1 х (100-160)	17,3	125,7
В-41-400 м4	1 х (100-400)	14,3	148,6
В-42-400 м4	2 х (100-400)	30,03	463,0
К-31-400 м4	1 х (100-400)	32,2	127,5
К-31-630 м4	1 х 630	37,7	150,8
К-42-400 м4	2 х (100-400)	51,94	201,5
К-42-630 м4	2 х 630	64,25	243,4
КСК-42-630 м4	2 х 630	83,60	324,3

Промисловість випускає КТПН серії КТПН-66 і КТПН-72М (модернізований варіант серії КТПН-66). Основні технічні дані цих серій КТПН наведені у табл. 9.2.

До закритих пересувних підстанцій відносять комплектні трансформаторні підстанції будівельного типу (БКТП – будівельні КТП). Рухомість цих підстанцій дозволяє в процесі будівництва встановлювати їх у центрах навантаження. Електрообладнання таких підстанцій розміщено у металічному корпусі, установленому на санях або рухомій платформі. Ввод 6-10 кВ і вивід 0,4/0,23 кВ підстанцій може бути кабельним або повітряним. Підстанції типу БКТП випускаються промисловістю потужністю до 1000 кВА.

Таблиця 9.2 – Комплектні трансформаторні підстанції

Тип	Потужність, кВА	Напруга, кВ		Габаритні розміри, м	Маса, кг
		ВН	НН		
КТПН-62-320/180К	160-320	6-10	0,4	2,3 х 3,3 х 2,7	2000
КТПН-62-320/180В	160-320	6-10	0,4	2,1 х 3,2 х 5,1	2300
КТПН-62-320/180У	160-320	6-10	0,4	2,3 х 3,3 х 5,1	2400
КТПН-62-630-К	630	6-10	0,4	2,3 х 3,3 х 2,7	2400
КТПН-62-630-В	630	6-10	0,4	2,1 х 3,2 х 5,1	2700
КТПН-62-630-У	630	6-10	0,4	2,3 х 3,3 х 5,1	2800
КТПН-72М1-160-К	160	6-10	0,4	2,4 х 2,6 х 2,7	1800
КТПН-72М1-250-К	250	6-10	0,4	2,4 х 2,6 х 2,7	1850
КТПН-72М1-400-К	400	6-10	0,4	2,4 х 2,6 х 2,7	1900

Примітка: остання літера у позначенні типу КТПН показує вид підключення до мережі: К - кабельний; В – повітряний; У – універсальний.

В умовах сучасного багатоповерхового житлового будівництва у місцях щільної міської забудови виникає потреба у вбудованих і прибудованих ТП. Під час розміщення вбудованих і прибудованих трансформаторних підстанцій у житлових будинках керуються вимогами державних будівельних норм [1.1]. У



Рис. 9.7 – Прибудована ТП

цих випадках використовують сухі трансформатори, трансформаторні підстанції заборонено розміщуватися під, над житловими приміщеннями. Особливу увагу приділяють забезпеченню санітарних вимог щодо обмеження рівнів шуму, вібрації та напруженості електричних полів у суміжних приміщеннях. Рішення про розміщення ТП узгоджується з місцевим органом державного пожежного нагляду і санітарно-епідеміологічною службою МОЗ України. На рис. 9.7

показана прибудована ТП багатоповерхової будівлі університету.

Для прийому і розподілу електроенергії на розподільному пункті будинку (наприклад, на ТП) розміщують **головний розподільний щит (ГРЩ)**. До його складу зазвичай входять ввідна шафа, що підключається до трансформатора спеціальним кабелем, секційна шафа і лінійні шафи. Панель вводу (за необхідністю вводів може бути від одного до трьох) складається з ввідного вимикача, блока реле, що керує цим вимикачем, вимикачів відходячих ліній, коміртки шинних з'єднань і кабельного каналу. У робочому корпусі також розміщені пристрої захисту від перевантажень і коротких замикань, прилади контролю силового навантаження на вводах і АВР.

9.2. Ввідно-розподільні шафи

Ввідно-розподільні шафи (ВРШ) або пристрої (ВРП) встановлюють у місцях введення зовнішніх живильних мереж як в багатоквартирних і індивідуальних будинках, так і в адміністративних будівлях. Вони призначені для приєднання до них внутрішніх електричних мереж будинків і розподілу електричної енергії. Схеми приєднання до зовнішніх мереж і розподілу електричної енергії в будинках різноманітні. Однак, незважаючи на розмаїтість, до їх складу входить порівняно обмежена кількість відрізняючихся один від одного елементів. У схемах ввідної частини це один або два рубильники або перемикача з запобіжниками, один або два автоматичних вимикачі, два автоматичних вимикачі або два контактори з апаратурою автоматичного включення резерву (АВР), а також усе перераховане вище разом з апаратурою виміру або обліку.

У великих будинках кількість ввідних комутаційних і захисних апаратів залежно від навантажень може бути три і більше. Для розподільних частин типові складання груп автоматичних вимикачів або запобіжників, складання з апаратурою обліку, загальною для всього складання, і з апаратурою обліку на

окремих групах, а також з рубильниками або автоматичними вимикачами на входах складання. Усе перераховане в розподільній частині може сполучатися з апаратурою автоматичного керування освітленням.

Номинальні струми апаратури ввідної частини як правило 50, 400, 630 А, а у великих будинках - 1000 А і більше, розподільної частини - 16, 25, 40, 63, 100, 250 А, а в окремих випадках - 400 А.

До складу ВРП входять елементи ввідної і розподільної частин у різних сполученнях. Виконують ВРП у виді щитів однобічного або двостороннього обслуговування. Найпростіші ВРП виконують у виді одиночних панелей, шаф і шухляд.

Апарати типових елементів кріплять на металоконструкціях (рамах) і з'єднують відповідно до схеми певного елемента. Рами зі змонтованою апаратурою виконані як нормалізовані елементи ВРП що встановлюються на каркасах панелей або в шафах, з яких складають щити. При цьому дотримуються наступного. Раму з апаратурою обліку при установці в шафі розміщують в окремому відсіку, який має двері, що замикаються незалежно від інших дверей шафи. Перегородками розділяють апаратуру вводів (неавтоматичних і автоматичних) живлячих ліній, що відходять від різних вводів, і апаратуру, встановлену в одній шафі (на одній панелі), яка приєднується до різних ліній, що відключається незалежно. Поділ перегородками потрібен для забезпечення безпеки при обслуговуванні. Рами з апаратурою, встановлені на панелях або в шафах, з'єднують одну з одною шинами (у тому числі ізольованими) або проводами.

У ВРП, виконаних у виді щитів однобічного або двостороннього обслуговування, струмоведучі частини не захищені від дотику і потрапляння на них сторонніх предметів. Тому такі ВРП встановлюють у спеціальних приміщеннях - електрощитових. Крім того, установка в електрощитових викликана необхідністю обмеження доступу до рукояток керування, які виведені на передні панелі щитів.

У щитах, розташованих у шафах, рукоятки керування встановлені за дверима. Їх замикають різними замками і ключі передають відповідному персоналу. Крім того, у ВРП цього типу виключена можливість випадкового дотику до струмоведучих частин і потрапляння на них сторонніх предметів. Отже, їх можна встановлювати в будь-яких приміщеннях з нормальним середовищем, де перед фасадом ВРП є прохід шириною не менше 1 - 1,2 м. При цьому прагнуть, щоб ВРП не встановлювався там, де часто проходять люди, що завжди викликає незручності при ремонтних й інших роботах.

Живильні кабельні лінії вводяться знизу. До входних затискачів кожного з перемикачів ввідної шафи можливе приєднання чотирьох кабелів перетином до 150 мм². Вивід проводів або кабелів ліній, що відходять від розподільних шаф, виконують або нагору (через кришки шаф), або вниз. Усі провідники, що з'єднують апаратуру, встановлену в різних шафах, проходять у верхній частині цих шаф.

Ввідно-розподільний пристрій є комплектним електричним пристроєм заводського виготовлення і поставляється окремими шафами або блоками з кількох шаф із усіма сполучними провідниками (шини або ізольовані провода) між ними.

Зазначені конструкції ВРП встановлюють у стіни в електрощитових або інших приміщеннях. Для введення кабелів знизу у ввідні шафи і для виводу ліній униз з розподільних шаф у підлозі в місці установки ВРП повинні бути виконані прямки або відкритий канал. В обсяг робіт на місці монтажу входять: встановлення шаф над прямками або каналом; скріплення каркасів шаф одного з одним; кріплення шаф до основи (кожна шафа кріпиться чотирма болтами, дюбелями або штирями діаметром 12 мм); закриття відкритих бічних сторін крайніх шаф ВРП боковими панелями (якщо ці панелі не були встановлені на заводі); прокладка нульової шини (загальної для усього ВРП) у нижній частині шаф; прокладка і приєднання всіх провідників між шафами; виконання приєднання жил усіх підходячих і відходячих ліній, регулювання апаратури; установка патронів запобіжників (якщо вони не були встановлені на заводі).

Як приклад розглянемо особливості розподільних шкафів низької напруги (РШНН) [2.9], якими комплектують розподільні пристрої напруги 0,4 кВ змінного струму з глухозаземленою нейтраллю. Ці шкафи виконують функції прийому і розподілу електричної енергії, захисту фідерних ліній від перевантажень і струмів короткого замикання.

Конструктивно (рис. 9.8, табл. 9.3) шафа становить собою каркас, зібраний з металевих вузлів за допомогою зварювання або профілів - за допомогою болтових з'єднань. Для забезпечення безпечної експлуатації ввідні і секційні апарати закриваються дверцятами, зверху шафи шинні виводи закриває захисний кожух. Блок-рубильники типу ARS (фідери) з вертикальним розташуванням фаз



одного приєднання встановлюються на горизонтально розташовані збірні шини. Кожен блок-рубильник ARS виконує функції роз'єднувача та захисту від перевантажень і коротких замикань кабельної лінії, що підключається до нього. Захист реалізований на стандартних ножових запобіжниках серії NH європейського виробництва, «ІЕК» або серії ППН виробництва «Коренівського заводу низьковольтної апаратури» (Росія).

На вводі від силового трансформатора застосовуються апарати наступних типів:

- автоматичний вимикач викатного виконання;
- стаціонарний автоматичний вимикач плюс вимикач навантаження з видимим розривом;
- вимикач навантаження з функцією захисту на запобіжниках до 1250 А.

Рис. 9.8 – Зовнішній вигляд РШНН

Для секціонування застосовують вимикач навантаження з видимим розривом або вимикач навантаження з функцією захисту на запобіжниках до 1250А. Ввідні і секційні апарати встановлюються у верхній частині панелі для економії місця. У верхній частині панелі розміщують: лічильник, АВР, контрольно-вимірювальні прилади, шафу власних потреб, тощо.

Для організації обліку електроенергії встановлюють трансформатори струму як на вводі, так і на фідерних лініях.

Таблиця 9.3 – Основні параметри РШНН.

Найменування параметра	Значення параметра							
Номінальна робоча напруга, кВ	0,4							
Частота, Гц	50							
Номінальний струм збірних шин, А	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	
Допустимий тривалий струм, А	860	1480		2110		2720		
Номінальний ударний струм (струм електродинамічної стійкості збірних шин і відгалужень від них, амплітудне значення), кА	не менше 63							
Номінальний короточасний струм (струм термічної стійкості, значення аперіодичної складової, що діє), за час 1с, кА	не менше 40							
Номінальна напруга ізоляції, В	1000							

Для розподільних шаф застосовують наступні умовні позначення:
РШНН - X(X) -X -X(X) - X

	Розподільна шафа низької напруги одностороннього обслуговування
	Номінальний струм збірних шин та ввідного апарату (та секційного апарату при наявності), А
	Кількість фідерних ліній
	Тип ввідного(секційного) апаратів:
	Ав - вкатний автоматичний вимикач
	Ас – стаціонарний автоматичний вимикач
	Р – вимикач навантаження з видимим розривом
	ARS – вимикач навантаження з функцією захисту
	Виконання Л – ліве, П – праве

Приклад запису умовного позначення шафи з ввідними і секційними апаратами: розподільна шафа низької напруги на номінальний струм збірних шин 1600 А, з ввідним вкатним автоматичним вимикачем 1600А і секційним вимикачем навантаження з видимим розривом 1250А, дванадцятьма фідерними лініями, правого виконання: шафа РШНН – 1600(1250) – 12 – Ав(Р) – П.

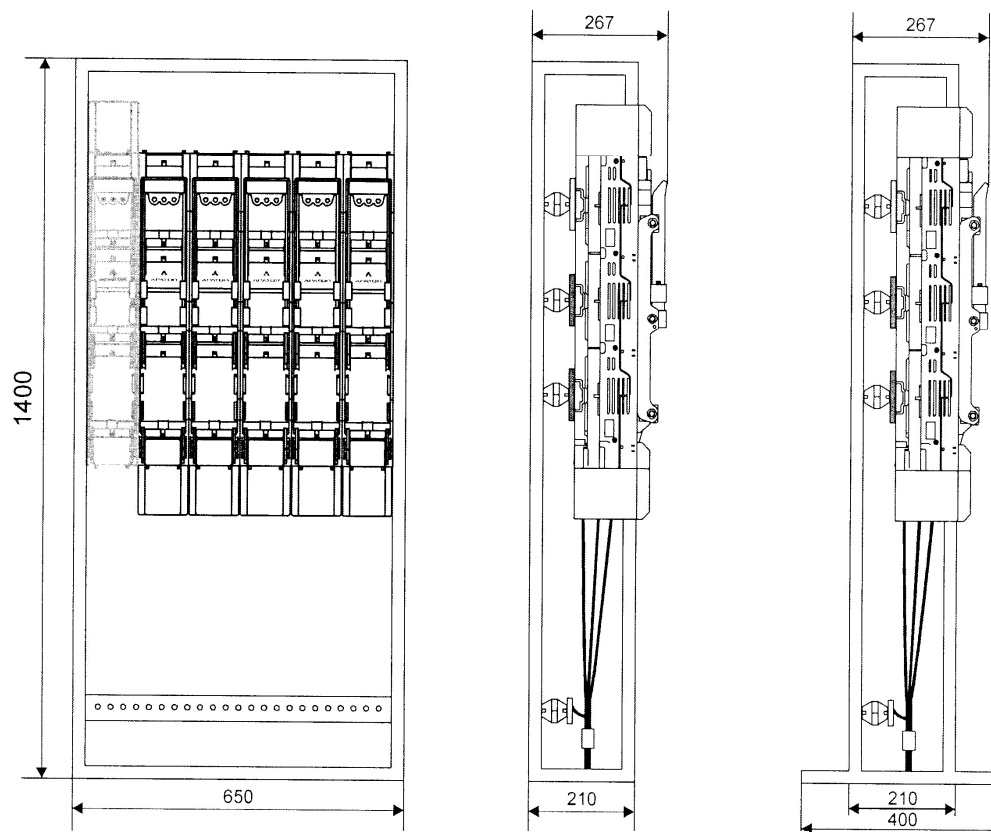


Рис. 9.10 – Габаритні розміри шафи РШНН-630-АРС-Л

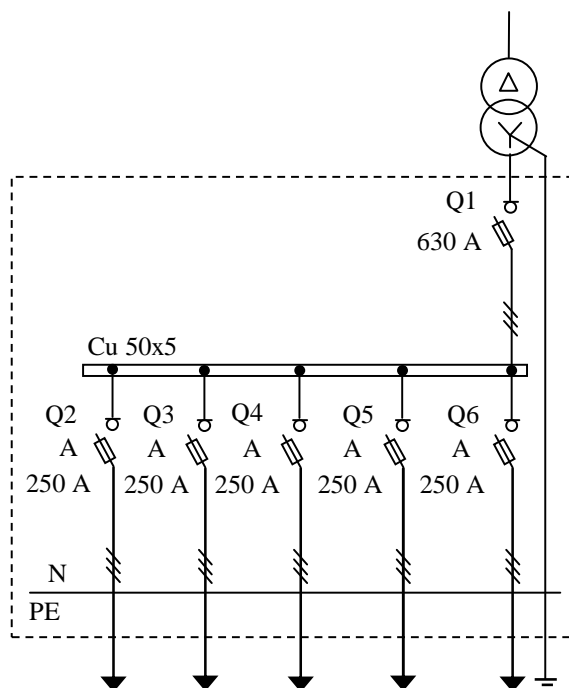


Рис. 9.11 – Однолінійна схема шафи РШНН-630-АРС-Л

На рис. 9.10 показані габаритні розміри шафи РШНН-630-АРС-Л.

На рис. 9.11 показана однолінійна схема шафи РШНН-630-АРС-Л. На схемі позначені:

Q1 – вимикач навантаження з функцією захисту типу ARS;

Q2-Q6 – вимикач навантаження з функцією захисту типу ARS;

PE – заземлююча шина;

N – нульова шина.

9.3. Розподільні пункти і щитки

Згідно з вимогами [1.1, 1.2] на вводах в будинки встановлюють один або декілька **ввідних пристроїв** (ВП) або **ввідно-розподільних пристроїв** (ВРП), а на поверхах будинку – розподільні пункти (РП) або розподільні щитки (РЩ).

Сучасний розподільний щит (рис.9.12) для житлового або робочого приміщення – це компактна і зручна панель, призначена для модульного монтажу на ній спеціальних приладів, що забезпечують прийом електричного струму від зовнішньої, живильної мережі, і розподілу його мережею усередині будинку, дачі або квартири.

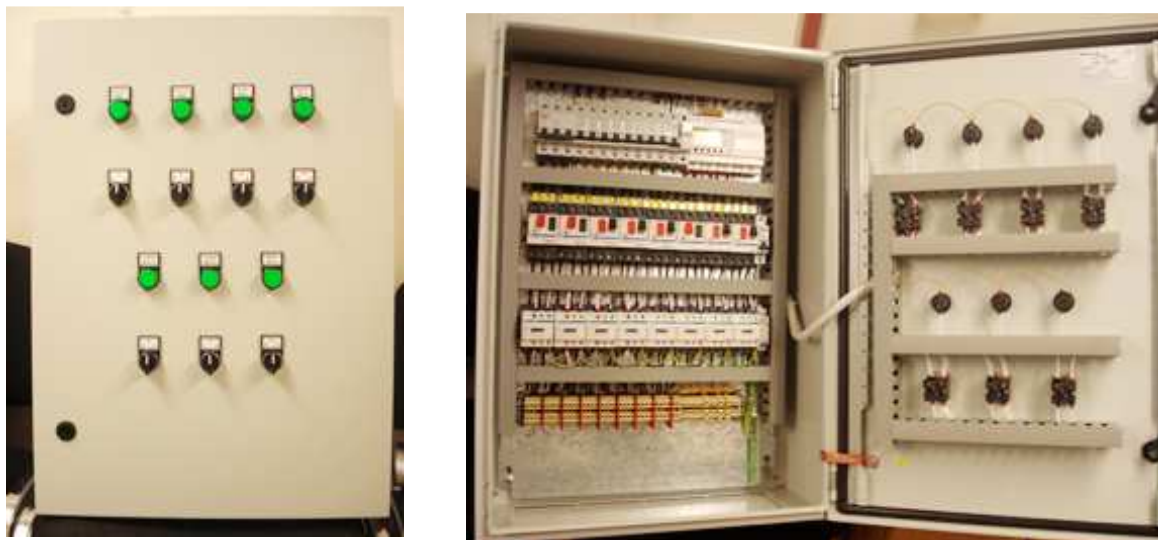


Рис. 9.12 – Розподільний щит

Щити виготовляють із красивих і легких матеріалів і обладнують дверцятими, які можна замкнути на ключ, щоб знизити можливість випадкового контакту з обладнанням, що знаходиться під струмом. Дверцята зовнішніх електричних шаф виконують таким чином, що вони зачиняються герметично, завдяки чому виключається проникнення атмосферних опадів усередину чутливого до вологи обладнання.

В цілому, розподільний щит - це група з кількох порівняно невеликих за розмірами пристроїв, зібраних і встановлених поруч з метою максимальної легкості доступу до них у разі потреби. Потужність їх залежить від індивідуальних параметрів внутрібудинкової електромережі і передбачуваних навантажень. Як вітчизняні, так і закордонні виробники випускають безліч спеціальних приладів для централізованого розподілу струму і керування електромережею - клемних блоків, контакторів, провідних шин, трансформаторів, пакетних перемикачів, пристосувань для кріплення тощо.

Залежно від призначення РП і РЩ поділяють:

- за типами апаратів на лініях, що відходять - із запобіжниками, з автоматичними вимикачами;
- за схемами електричних з'єднань - для чотири-, три- і двопровідних відходячих ліній, із ввідним або без ввідного апарата;
- за родом захисту від впливу навколишнього середовища;

- за способом встановлення - причіпні, підложні й утоплені;
- за наявністю апаратури для дистанційного керування освітленням.

Існують щитки, призначені спеціально для житлових будинків, і РЩ і РП, призначені для установки в різних громадських будинках.

У житлових будинках застосовуються РЩ наступних видів:

- поверхові (сходові) захисні з апаратурою захисту введів у квартири;
- поверхові (сходові) облікові з апаратурою захисту групових ліній квартир, лічильниками і комутаційними апаратами, установлюваними перед лічильниками;
- поверхові (сходові), сполучені з лічильниками й апаратурою, такими ж, як у поверхових сходових облікових щитках, і, крім того, що мають додаткове відділення, у якому розміщаються пристрої телефонної, радіотрансляційної і телевізійної мереж;
- квартирні з апаратурою захисту групових ліній, лічильниками і комутаційними (допускаючими комутацію під навантаженням) апаратами на вводах.

Для наведених типів щитів стандарт [1.1, 1.3] рекомендує улаштовувати автоматичні вимикачі, але допускає також застосування запобіжників. Поверховий щиток для установки в ніші виконують у вигляді рами із шасі з дверима. На шасі рами на окремих підставках укріплені лічильники, захисні і комутаційні апарати і затискачі. У межах щитка виконані всі з'єднання. Поверхові щитки захисні містять тільки захисну апаратуру введів до квартир і застосовуються, коли лічильники і захисна апаратура групових ліній квартир установлені на квартирних щитках.

У громадських будинках застосовуються магістральні, групові щитки і РП для керування і захисту від КЗ і перевантажень групових освітлювальних і силових розподільних мереж.

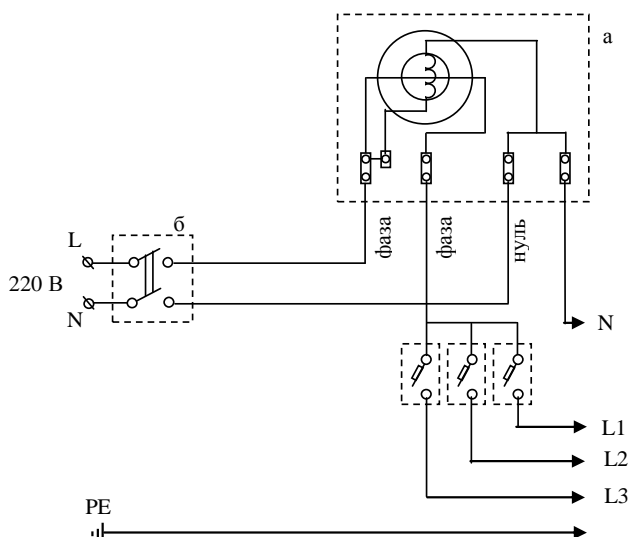


Рис. 9.13 – Схема домового електрощитка

Домові (квартирні) електрощитки (рис. 9.13) встановлюють в безпосередній близькості від входу, і наскільки це можливо, від електричного вводу в будинок у захищеному від сирості місці, на стіні або іншій жорсткій конструкції, подалі від джерел тепла на висоті 1,4 – 1,7 м від підлоги. Як можна бачити зі схеми, фазний і нульвий провід від домового вводу спочатку потрапляють на спільний вимикач (б), потім на електролічильник (а), а потім фазний провід подається на групу автоматичних вимикачів (в).

9.4. Улаштування внутрішніх електричних мереж

У житлових будинках найбільший обсяг електромонтажних робіт припадає на виконання групових електропроводок у квартирах, поетажних коридорах і на сходових клітках. Залежно від виду застосованих проводок обирають марки проводів, електровстановлюючі й електромонтажні вироби.

Прокладку живлячих мереж від ВРП до квартир, для освітлення сходів до ліфтів і інших приймачів загальнобудинкового призначення здійснюють технічним підпіллям або підвалом відкрито у вініпластових трубах, коробах і лотках.

Труби і лотки у підпіллях і підвалах залежно від конструкції будинку кріплять до стін на скобах або кронштейнах або підвішують по перекриттям. Відгалуження в трубних проводках виконують у металевих розподільних коробках. Труби з'єднують на муфтах або манжетах.

Для економії труб і зменшення кількості каналів у будівельних конструкціях дозволяється спільна прокладка в них проводів одного виду освітлення (робочого або евакуаційного) при числі проводів у трубі або каналі не більш дванадцяти. При цьому спільна прокладка взаємно резервованих кіл, а також кіл робочого й евакуаційного освітлення забороняється. Допускається сполучення нульових проводів живлячих ліній квартир і групових ліній сходового освітлення.

При великому числі паралельно прокладених труб їх монтують блоками, виготовленими на заготівельних підприємствах монтажних організацій.

Підйом проводів ліній (стояків), що живлять квартири і освітлення сходів і поверхових коридорів, здійснюють приховано в каналах стін сходової клітки або поетажних коридорів. Не дозволяється спільна прокладка в загальному каналі мереж сильних і слабких струмів. У цих же стінах установлюють поетажні щитки і шафи для живлення квартир і розгалуження мереж слабких струмів. У цегельних будинках канали і ніші для встановлення щитків виконують в процесі будівництва будинку за допомогою інвентарних труб і шаблонів.

У великопанельних і великоблочних будинках канали для підйому електричних мереж і ніші для щитків виконують у спеціальних бетонних електрблоках [1.4, 1.9] (рис. 9.14) або електропанелях.

Лінії, що живлять ліфти, прокладають в канали електропанелей або в шахтах ліфтів, а також у спеціальних блоках, призначених для прокладки інженерних комунікацій. В окремих каналах електропанелей прокладають мережі телебачення і радіотрансляції. Заборонено сполучати в одному каналі, трубі, коробі і з іншими мережами лінії живлення і керування усіх видів протипожежних пристроїв. Їх проводять в окремих каналах коробах, трубах.

Слід зазначити, що у великопанельних безкаркасних будинках технічне підпілля або підвал перетинає велика кількість опорних залізобетонних стін, які утрудняють прокладку електричних мереж і ускладнюють монтаж електричного освітлення. У цих стінах передбачають прорізи для прокладки електричних, а також санітарно-технічних мереж. Для прокладки мереж живлення і загальнобудинкових групових мереж у трубах і каналах зазвичай застосовують провід

марок АПВ, АПРН, рідше АПРТО, а в групових мережах освітлення також АППВ. Для освітлення технічних підпіл, підвалів і горищ застосовують світильники в захищеному виконанні з лампами накаливання.

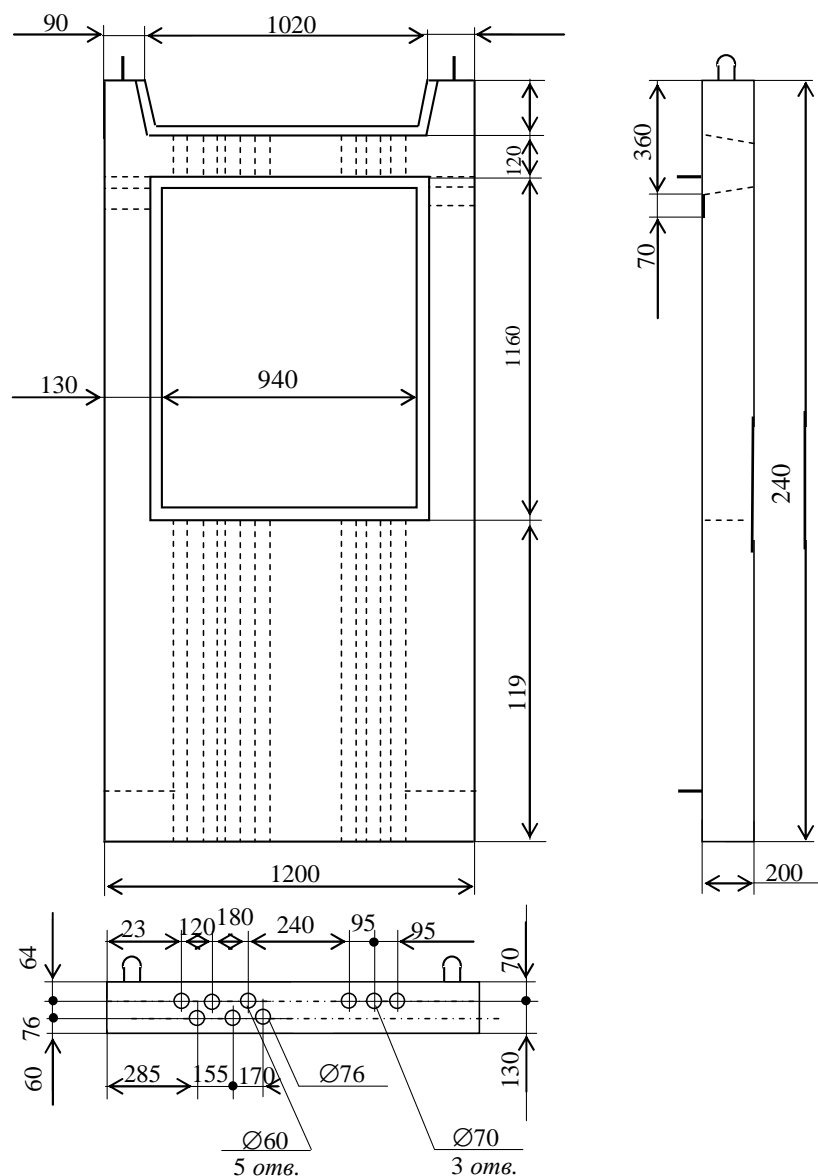


Рис. 9.14 – Загальний вигляд залізобетонного блоку

Групові електричні мережі квартир складаються з подачі живлення до світильників загального освітлення приміщень, до штепсельних розеток для приєднання світильників місцевого освітлення і побутових приладів, а в будинках з електроплитами - до електроплит.

У житлових кімнатах світильники (люстри) загального освітлення улаштовують, як правило, на стелі в центрі кімнати. У глибоких кімнатах світильник загального освітлення часто зміщують від центра. У житлових кімнатах площею 12 м² і більше передбачають можливість встановлення багатолампових світильників із включенням ламп двома групами, для чого до світильника прокладають три проводи і встановлюють здвоєний вимикач.

У кухнях малого розміру, передпокаях, ванних кімнатах і вбиральнях світильники дозволяється встановлювати на стелі або стіні. У кухнях передбачають розетки для підключення додаткового світильника над робочим столом господарки або вбудованого в кухонні меблі, а також підключення надплитного фільтра.

У ванних кімнатах застосовують освітлювальну арматуру з захисним склом і з заглубленим патроном або патроном з високим ізолюючим кільцем. При встановленні світильників з люмінесцентними лампами вони повинні мати спеціальну конструкцію патрона, що виключає дотик до струмоведучих частин.

Штепсельні розетки в приміщеннях встановлюють з урахуванням ймовірного розміщення меблів і найбільш зручних місць підключення електричних приладів. У загальній кімнаті встановлюють одну або дві здвоєні розетки для приєднання приладів без збільшення довжини мережі. Висота розміщення розеток не регламентується.

Вимикачі для світильників загального освітлення в житлових кімнатах улаштовують усередині біля входу в кімнату; для світильників у ванній кімнаті і вбиральні вимикачі розташовують зовні - у передпокої або коридорі. Настінні вимикачі розміщують на висоті 1,5 м.

Світильники в санвузлах розміщують так, щоб проводка в стінах цих приміщень була найменшої довжини і розташовувалася у віддаленні від труб водопроводу і каналізації.

Способи схованої прокладки групової мережі в квартирах, поетажних коридорах і інших сухих приміщеннях житлових будинків вибирають в залежності від конструкції стін, перегородок, перекриттів і підлог. У цегляних і шлакобетонних оштукатурених стінах проводку виконують спеціальними проводами безпосередньо під шаром штукатурки. У стінах із крупних бетонних блоків проводку виконують у швах між блоками.

У гіпсобетонних збірних стінах і перегородках з окремих плит провода прокладають у борознах, виконаних при виготовленні плит або на місці будівництва, із закладенням проводу штукатурним або гіпсовим розчином. У цегельних, шлакобетонних, бетонних стінах і гіпсобетонних збірних стінах і перегородках ніші для розміщення розподільних коробок і під вимикачі і штепсельні розетки виконують фрезеруванням спеціальною насадкою до електродриля. Борозни виконують також фрезеруванням за допомогою електродриля і спеціального пристосування або за допомогою пневматичного молотка.

Нормативні вимоги до улаштування внутрішніх електричних мереж об'єктів цивільного призначення наведені в [1.1, 1.3]. Розглянемо деякі з цих вимог.

На всіх об'єктах цивільного призначення слід застосовувати кабелі і проводи з мідними жилами.

Мережі живлення і розподільні мережі, якщо їх розрахунковий переріз дорівнює 16 мм^2 і більше, як правило, виконуються кабелями і проводами з алюмінієвими жилами.

Живлення окремих електроприймачів, крім електроприймачів квартир, які відносять до інженерного обладнання (насоси, вентилятори, калорифери, кондиціонери тощо), може виконуватись кабелями або проводами з алюмініє-

вими жилами перерізом не менше ніж 2,5 мм², за винятком тих, що встановлені на віброосновах.

Спосіб монтажу електропроводки залежно від типу кабелів і проводів вибирають відповідно до табл.9.4 за умови, що зовнішній вплив на кабелі і проводи відповідає вимогам діючих стандартів на ці кабелі і проводи.

Таблиця 9.4.

Проводи, кабелі		Спосіб монтажу							
		без кріплення	з безпосереднім кріпленням	у трубах	у коробах	у спеціальних коробах	на лотках і кронштейнах	на ізоляторах	на тросі, струні
Неізовані проводи		-	-	-	-	-	-	+	-
Ізовані проводи		-	-	+	+	+	-	+	-
Ізовані проводи в захисній оболонці та кабелі (у т.ч. броньовані із мінеральною ізоляцією)	багато-жильні	+	+	+	+	+	+	0	+
	одно-жильні	0	+	+	+	+	+	0	+
<p>Позначення " + " - дозволяється; " - " - не дозволяється; " 0 " - не застосовується або в звичайній практиці не використовується</p> <p>Примітка. "Спеціальний короб" – короб прямокутного перерізу, призначений для прокладання кабелів і проводів, що не має змінних кришок або кришок, що відкриваються.</p>									

Кабельні вводи в будинок виконують в трубах завглибшки не менше ніж 0,5 м і не більше ніж 2 м від поверхні землі. При цьому в одну трубу затягують один силовий кабель.

Прокладання труб виконують з нахилом у бік вулиці. Труби для вводів кабелів рекомендується закладати безпосередньо до приміщення, де розташовані ВП, ВРП, ГРЩ. Кінці труб, а також самі труби при прокладанні через стіну ретельно ущільнюють для виключення можливості проникнення в приміщення вологи і газу.

Кабелі розміщують у доступних місцях відкрито на кабельних конструкціях, на стелях, у каналах будівельних конструкцій або в неметалевих трубах. У підвалах кабелі прокладають в коридорах, виділених для прокладання комунікацій.

Прокладання транзитних кабелів через підвали і технічні підпідлогові простори будинків забороняється.

Вибір виду електропроводки і способів прокладання проводів і кабелів з урахуванням вимог електробезпеки, пожежної безпеки виконується згідно з главою 2.1 ПУЕ [1.8]. При цьому враховується, що:

а) ізовані проводи без захисної оболонки згідно з табл. 9.4 слід прокладати тільки в трубах, коробах і на ізоляторах. Не допускається прокладати

ізолювані проводи без захисної оболонки в порожнинах будівельних конструкцій, а також на поверхні стін, по стелі, на лотках, кронштейнах, на тросах (струнах). У цьому випадку необхідно застосовувати ізолювані проводи в захисній оболонці та кабелі;

б) не допускається замоноличене прокладання кабелів і проводів без можливості їх заміни в панелях стін, перегородках та перекриттях під час виготовлення конструкцій на заводах будіндустрії або під час спорудження будівель. Не допускається також замоноличення проводів у монтажних стиках панелей;

в) у будинках, конструкції яких виготовлені із негорючих будівельних матеріалів згідно з ДСТУ Б В.2.7-19, допускається прокладання групових мереж кабелем або ізолюваними проводами в захисній оболонці в борознах стін, перегородок, перекриттів під штукатуркою, у шарі підлоги. Електропроводки під штукатуркою повинні розташовуватись горизонтально, вертикально або паралельно краю стін приміщення, тобто паралельно архітектурним лініям на відстані не більше ніж 150 мм від плит перекриття і не більше ніж 500 мм від підлоги.

У житлових будинках стояки ліній живлення квартир, групові лінії освітлення сходових клітин прокладають приховано в каналах будівельних конструкцій (електроблоках). У цих же конструкціях рекомендується розміщувати суміщені поверхові електрошафи (щитки) і ящики для з'єднання і розгалуження провідників. Дозволяється для прокладання стояків застосовувати комплектні струмопроводи і труби.

Поверховий щиток встановлюють на відстані не більше ніж 3 м по довжині електропроводки від стояка живлення з урахуванням вимог гл. 3.1 ПУЕ.

Прокладання вертикальних ділянок розподільної мережі всередині квартир не допускається.

У технічних поверхах, підпідлогових просторах, неопалюваних підвалах, горищах, вентиляційних камерах, вологих та особливо вологих приміщеннях електропроводку рекомендується виконувати відкрито.

У сходових клітках дозволяється розміщувати тільки мережі освітлення цих кліток і коридорів.

У місцях проходу кабелів і проводів крізь стіни, перегородки, міжповерхові перекриття забезпечується можливість заміни проводки. Для цього прохід виконують у трубі чи коробі або в будівельних конструкціях передбачають отвори. Порожнини в місцях проходу, а також між кабелями, проводами і трубою або коробом закладають масою, що легко виймається і забезпечує ту ж вогнестійкість, що й елементи конструкції будівлі.

Монтаж електропроводки не повинен зменшувати експлуатаційні якості будівельних конструкцій і пожежну безпеку. Ніяка електропроводка не може проходити крізь несучі елементи конструкцій будівлі, якщо цілісність цих несучих елементів конструкції будівлі не може бути забезпечена після монтажу електропроводки.

Незахищені ізолювані проводи зовнішньої електропроводки розміщають і відгороджують таким чином, щоб вони були недоступні з місць, де можливе часте перебування людей, наприклад з балконів.

Відкрите прокладання незахищених ізолюваних проводів на роликах і ізоляторах виконують на висоті не менше ніж 2 м.

Висота відкритого прокладання захищених ізолюваних проводів і кабелів, які прокладаються в трубах і коробах, плінтусах з каналами для електропроводок, а також спусків до вимикачів, розеток, пускової апаратури, щитків і світильників, які встановлюються на стінах, не нормується.

Виводи електропроводки із підготовки підлоги до технологічного обладнання, яке встановлено на відстані від стіни приміщення, виконують в металевих тонкостінних трубах.

Контрольні запитання і завдання

1. На які групи поділяють електрообладнання живлячих і розподільних мереж?
2. Які типи трансформаторних підстанцій застосовуються в міських електричних мережах?
3. Дайте характеристику блочно-модульній КТП?
4. Дайте характеристику КТП кіоскового типу?
5. Поясніть на плані розміщення трикамерної закритої підстанції?
6. Поясніть на плані розміщення чотирикамерної закритої підстанції?
7. У яких випадках застосовуються вбудовані (прибудовані) ТП?
8. Поясніть призначення і комплектність ввідно-розподільних пристроїв?
9. Які конструктивні особливості розподільних шкафів?
10. Поясніть умовні позначення у маркуванні розподільних шаф?
11. Поясніть особливості улаштування внутрішніх електричних мереж у будинках?
12. Поясніть особливості групових електричних мереж?

ТЕМА 10 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА

10.1. Небезпека ураження людини електричним струмом

Експлуатація усіх видів електроустановок становить певну небезпеку для людей. Це викликає необхідність суворого дотримання вимог правил техніки безпеки і відповідної кваліфікації персоналу, який обслуговує ці пристрої.

Ураження електричним струмом можливо у випадку дотику до струмоведучих частин електроустаткування або до металевих неструмоведучих частин електроустаткування, що опинились під напругою при порушенні ізоляції. Електричні установки можуть створити і пожежну небезпеку при КЗ, перевантаженні проводів, кабелів і електроприймачів, іскрінні і підвищеному нагріванні контактних з'єднань.

Електричний опір людини змінюється в широких межах (від 500 до 100000 Ом) і залежить від багатьох причин: загального стану здоров'я, товщини і стану шкірного покриття і його вологості, умов навколишнього середовища, тривалості проходження струму і деяких інших факторів. У розрахунках з техніки безпеки опір людського тіла зазвичай приймається рівним 1000 Ом.

Проходячи через організм людини електричний струм спричиняє термічний, електролітичний, механічний та біологічний вплив.

Термічний вплив струму проявляється опіками окремих ділянок тіла, нагріванням кровоносних судин, серця, мозку та інших органів, через які проходить струм, що призводить до виникнення в них функціональних розладів.

Електролітичний вплив струму характеризується розкладанням крові та інших органічних рідин, що викликає суттєві порушення їх фізико-хімічного складу.

Механічний вплив струму проявляється ушкодженнями (розриви, розшарування тощо) різноманітних тканин організму внаслідок електродинамічного ефекту.

Біологічний вплив струму на живу тканину проявляється небезпечним збудженням клітин та тканин організму, що супроводжується довільним судонним скороченням м'язів. Таке збудження може призвести до суттєвих порушень і навіть повного припинення діяльності органів дихання та кровообігу.

Подразнення тканин організму внаслідок впливу електричного струму може бути прямим, коли струм проходить безпосередньо через ці тканини, та рефлекторним (через центральну нервову систему), коли тканини не знаходяться на шляху проходження струму.

Сила електротравми залежить від значення струму і тривалості його проходження. Вважається, що в більшості випадків струм 0,1 А являє собою смертельну небезпеку для людини. При цьому струмі, що проходить від руки до руки або від руки до ніг протягом 3 с, може наступити параліч серця.

Для людини небезпечний як змінний, так і постійний струм, однак найбільшу небезпеку становить змінний струм промислової частоти (50 Гц). З підвищенням частоти змінного струму небезпека ураження зменшується.

Залежно від небезпеки ураження людини електричним струмом у діючій редакції ПУЕ [1.8] прийнята наступна класифікація приміщень, у яких розміщують електроустаткування.

1. Приміщення без підвищеної небезпеки - сухі нежаркі з підлогами, що не проводять струм, без металоконструкцій, струмопровідного пилу, наприклад житлові, адміністративні й інші громадські будинки з дерев'яними, лінолеумовими і подібними підлогами.

2. Приміщення з підвищеною небезпекою - вологі (при відносній вологості вище 75 %), жаркі (при температурі понад 30 °С), з струмопровідними підлогами (залізобетонними, металевими, земляними), приміщення, у яких існує небезпека одночасного дотику до металевих конструкцій будинків, трубопроводів, верстатів і металевих корпусів електроустаткування.

3. Особливо небезпечні приміщення - надзвичайно сирі приміщення, у яких підлога, стіни і стеля покриті вологою (лазні, пральні і т.д.), у яких відносна вологість повітря близька до 100 %, приміщення з хімічно активним середовищем, що впливає на ізоляцію. До особливо небезпечних відносяться і такі приміщення, в яких одночасно існують дві або більше ознак підвищеної небезпеки. Стосовно до вищенаведеної класифікації нормами і правилами встановлені належні вимоги, яким повинно відповідати електроустаткування, проводки і всі інші елементи електрообладнання.

Можливі два випадки дотику людини до струмоведучих частин: двополюсне, коли людина доторкнулася до двох неізольованих проводів електричної мережі, і однополюсне, коли людина торкається одного з проводів.

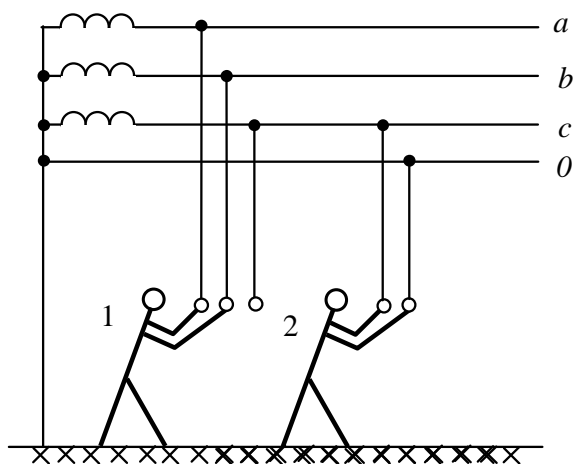


Рис. 10.1 – Дотик людини до проводів трифазної чотирипроводної мережі

де $U_{\text{л}}$ і $U_{\text{ф}}$ - відповідно лінійна і фазна напруга мережі, В;
 $R_{\text{люд}}$ - опір людського тіла, Ом.

Більш небезпечний двополюсний дотик, особливо якщо до різних провідників людина доторкнулася двома руками (рис. 10.1). У цьому випадку струм проходячи через тіло людини у трифазній чотирипроводній мережі може прийняти значення: при дотику до двох фаз (рис. 10.1.1)

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{люд}}}, \quad (10.1)$$

і при дотику до фазного і нульового проводів (рис.10.1.2)

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{люд}}}, \quad (10.2)$$

При однополюсному дотику людина торкається або одного з неізолюваних провідників електричного кола, або неструмоведучої металевої частини електроустаткування, яка опинилась під напругою в результаті ушкодження ізоляції. У цьому випадку значення струму, що проходить через людину, залежить не тільки від прикладеної напруги, але і від режиму нейтралі джерела живлення, активного опору ізоляції і ємності проводів стосовно землі.

10.2. Системи захисного заземлення

Для захисту людей від ураження електричним струмом застосовують **захисне заземлення** – електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, що можуть виявитися під напругою. Відповідно, при пробі ізоляції струмоведучого проводу на корпус заземленого електроприладу струм буде проходити заземляючим провідником, що виключить ураження електричним струмом людини.

Міжнародною електротехнічною комісією рекомендована класифікація мереж низької напруги залежно від місця заземлення нейтралі джерела живлення (вторинної обмотки силового трансформатора), способу заземлення корпусів обладнання та способу використання нейтрального проводу. Для позначення різних систем використовують літери латинського алфавіту.

Першою літерою позначають стан нейтралі обмотки трансформатора. Літерою I (від французького "Isolé" - ізолюваний) позначають систему з ізолюваною нейтраллю чи з нейтраллю, приєднаною до пристрою заземлення через великий опір. У цій системі між нейтраллю (або однією з фаз при її відсутності) та пристроєм заземлення встановлюють апарат для захисту від переходу вищої напруги на обмотку нижчої напруги у випадку пошкодження ізоляції між ними. Літерою T (від франц. "Terre" - земля) позначають систему з глухим (безпосереднім) приєднанням нейтралі обмотки трансформатора до пристрою заземлення підстанції.

Другою літерою позначають спосіб приєднання корпусів обладнання до пристроїв заземлення. Літерою T (від франц. "Terre" - земля) позначають систему з приєднанням корпусів обладнання до пристроїв місцевого заземлення, а літерою N (від франц. "Neutre" - нейтральний) - систему з нейтральним проводом, який може використовуватися окремо **як робочий N** і **як захисний PE** (від англ. Protection Earth), або **як суміщений робочий та захисний PEN**.

Третьою літерою позначають: літерою C (від франц. "Coïncidé" - змішаний, суміщений) - систему з суміщеним нейтральним проводом, тобто **TN-C**; літерою S (від французького "Séparé" - окремий) - систему з окремими робочим і захисним провідниками, тобто **TN-S**.

У відповідності з цією класифікацією **розрізняють наступні системи захисного заземлення: IT, TT, TN, TN-C, TN-S та похідну від двох останніх TN-C-S.**

Система ІТ - система, в якій нейтраль джерела живлення ізолювана від землі або заземлена через прилади або пристрої, що мають великий опір, а відкриті струмопровідні частини заземлені.

Варіанти схем мереж побудованих за системою ІТ показані на (рис. 10.2) Система ІТ характеризується невеликим струмом першого замикання однієї з фаз на землю, величина якого дорівнює потрійному значенню струму витoku фази нормального режиму і визначається поперечними параметрами мережі.

Такий режим не є аварійним і споживачі не відчують змін. Однак, якщо в схемі (рис.10.2 а) в нормальному режимі напруга фаз відносно землі становить 220 В, то в режимі замикання однієї з фаз на землю напруга двох неушкоджених фаз підвищується в $\sqrt{3}$ раз і дорівнює 380 В. Умови безпеки внаслідок цього в схемі значно погіршуються. У випадку живлення мережі від обмоток трансформатора, з'єднаних у трикутник, напруга між фазами дорівнює 220 В. Отже в умовах замикання однієї з фаз на землю, напруга двох інших фаз відносно землі не буде перевищувати 220 В і умови безпеки не погіршуються.

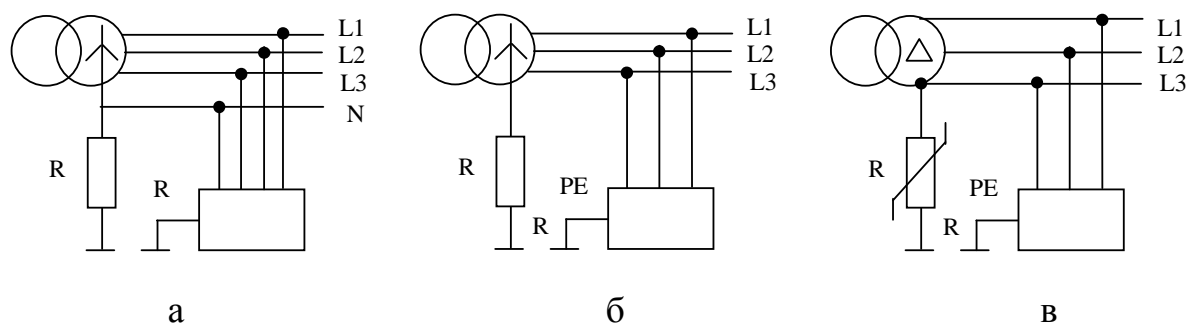


Рис. 10.2 – Система заземлення ІТ:

- а) чотирипровідна мережа з живленням від обмотки, з'єднаної у "зірку";
- б) трипровідна мережа з живленням від обмотки, з'єднаної у "зірку";
- в) трипровідна мережа з живленням від обмотки, з'єднаної у "трикутник".

Перше пошкодження в мережах системи ІТ не відчувається струмовими захистами. За умовами експлуатації такі пошкодження повинні бути усунені в короткий час, оскільки поява другого пошкодження в іншій фазі буде причиною аварійного режиму, який викликає спрацювання максимальнструмового захисту і вимкнення ділянки мережі. Основною проблемою в мережах за системою ІТ є підтримання їх у первісному стані, тобто ізольованими від землі, швидко виявлення та усунення однофазних пошкоджень.

Система ТТ – система, в якій нейтраль джерела живлення глухо заземлена, а відкриті струмопровідні частини електроустановки заземлені за допомогою заземляючого пристрою, електрично незалежного від глухозаземленої нейтралі джерела.

Струми однофазного пошкодження значно більші, ніж у системі ІТ, однак вони суттєво обмежені, і звичайні струмові захисти (запобіжники, автоматичні вимикачі з тепловими та електромагнітними розчеплювачами) можуть виявитися недостатньо чутливими для їх надійного вимкнення. Таким чином, перевага

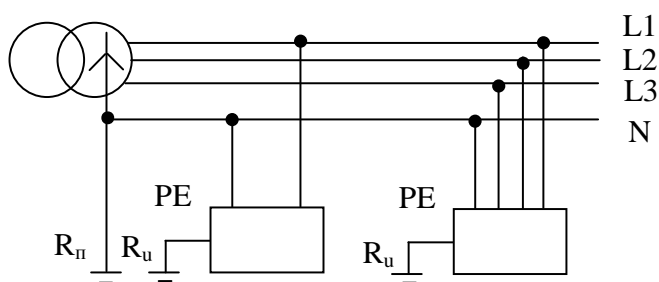


Рис. 10.3 – Система заземлення TT

з обмеження струму однофазного КЗ перетворюється на недолік за рахунок неможливості їх швидкого вимкнення.

Система TN – система, в якій нейтраль джерела живлення глухо заземлена, а відкриті струмопровідні частини електроустановки приєднані до глухозаземленої нейтралі за допомогою нульових захисних провідників

Система TN реалізується у вигляді одного з її різновидів: TN-C, TN-S, TN-C-S.

Система TN-C відповідає такій схемі, в якій нейтраль джерела приєднана до "землі" (контура заземлення підстанції), нейтральний провід приєднують до нейтралі джерела, а корпуси електрообладнання приєднують до нейтрального провідника - виконують захисний захід "занулення" (рис. 10.4). Цей провідник одночасно використовують як робочий для приєднання, наприклад, однофазних електроприймачів. Для підвищення рівня безпеки виконують повторні заземлення нульового провідника, що зменшує опір заземлення.

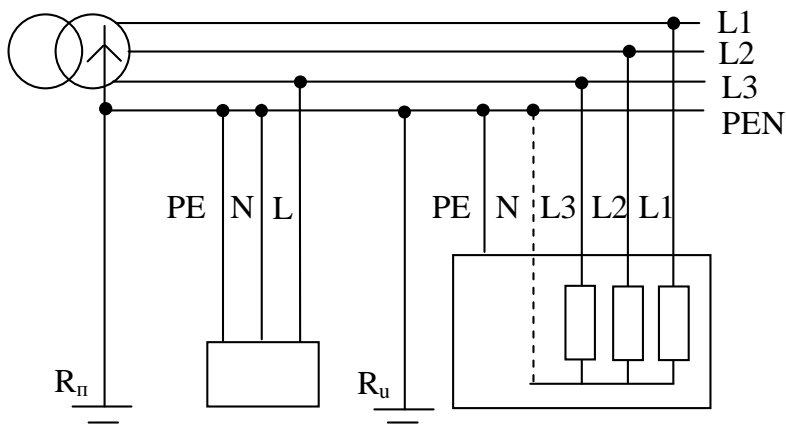


Рис. 10.4 – Система заземлення TN-C

Таким чином, нейтральний провідник PEN використовується як робочий - N і захисний - PE, що відображено літерою C в позначенні типу системи.

Значна частина мереж у системі TN-C працює від обмоток трансформаторів зі з'єднанням обмоток "зірка-зірка-ноль". Струми одно-фазного замикання у

цій системі, додатково обмежені перехідним опором в точці КЗ, можуть досягати величин до яких струмовий захист (запобіжниками, автоматами) виявляється нечутливий. Існування таких режимів може спричинити появу на корпусах обладнання відносно високих потенціалів і певної небезпеки для персоналу. В таких умовах, внаслідок перегріву спричиненого роботою на двох фазах або значного зниження напруги однієї з фаз, можливий вихід з ладу силових трансформаторів та трифазних двигунів. Крім того, можлива поява різниці потенціалів між корпусами обладнання в умовах протікання значного струму через нульовий провідник PEN.

У системі TN-C у випадках обриву нульового проводу N виникають особливо небезпечні умови. На однофазних електроприймачах, приєднаних на фазну напругу, з одного боку може з'явитися напруга більша від робочої 220 В, а з другого - значно менша. Такий режим небезпечний як для обладнання, так і для людей, оскільки на занулених корпусах може з'явитися небезпечна напруга.

Використання пристроїв захисного вимкнення безпосередньо в мережах за системою TN-C є неможливим. У випадках коли в цьому є необхідність, треба перейти до системи TN-S або TT.

Система TN-S відрізняється від попередньої (TN-C) тим, що до заземленої нейтралі джерела живлення приєднані не один, а два нейтральних провідники: один - робочий, позначений літерою N, а другий - захисний, позначений PE. Загальна кількість провідників у цій системі становить 5: три фазних, і два нейтральних (рис. 10.5.).

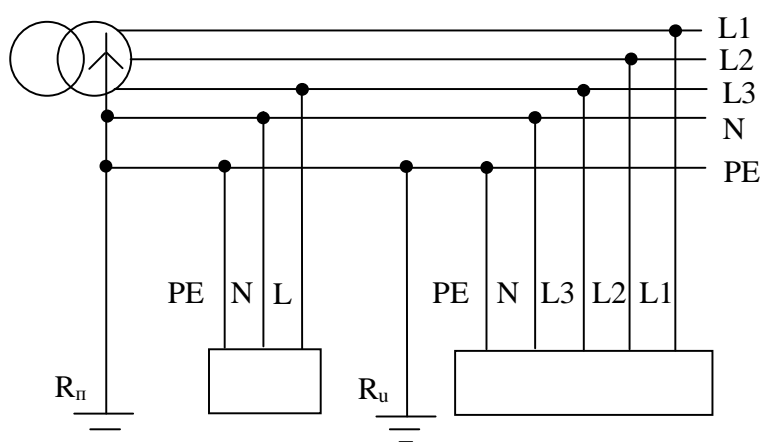


Рис. 10.5 – Система заземлення TN- S

Наявність двох провідників - нульового робочого N в якому протікають робочі струми, і захисного PE з повторними заземленнями, до якого приєднані корпуси обладнання, дозволяє суттєво підвищити рівень безпеки порівняно з системою TN-C.

До недоліків системи TN-S можна віднести збільшення витрат на мережу

(необхідно прокладати додатковий провідник), а також на комутаційні апарати, в яких рекомендується застосовувати додатковий полюс для нульового робочого проводу. Цей захід дозволяє запобігти можливості появи напруги зміщення нейтралі (незалежно від причини) на вимкненому обладнанні, що важливо для безпечного виконання на ньому налагоджувальних, ремонтних чи інших робіт.

За необхідності можна перейти від системи TN-C до системи TN-S. Мережа з переходом від системи TN-C до системи TN-S відноситься до системи TN-C-S. Для здійснення такого переходу у відповідній точці мережі за системою TN-C (як правило, в розподільному щитку) необхідно зробити повторне заземлення проводу PEN і після цього вивести окремо робочий N та захисний PE провідники (рис. 10.6). Тоб то, **система TN-C-S** - це система TN, в якій функції нульового захисного і нульового робочого провідників суміщені у деякій її частині, починаючи від джерела живлення.

У системі TN-C-S можна поєднати переваги складових систем: у головній її частині від підстанції до ввідних пристроїв для живлення пунктів розподілу використовують систему TN-C, для створення якої необхідні менші капіталовкладення, а на рівні розподільчих шаф та щитків від розподільних пристроїв

до приймачів використовують систему TN-S, яка дає можливість застосовувати ПЗВ для електроприймачів та споживачів, які того потребують.

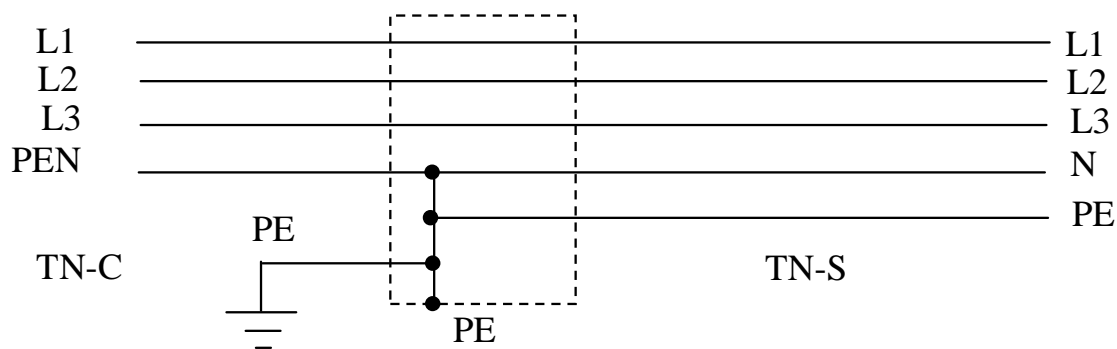


Рис. 10.6 – Схема системи заземлення TN-C-S з переходом від системи TN-C до системи TN-S

10.3. Загальні заходи безпеки

Для запобігання ураження електричним струмом перш за все виключають можливість випадкового дотику до струмоведучих частин. Для цього встановлюють відповідні огороження або струмоведучі частини розташовують на висоті, що недосяжна без спеціальних пристосувань.

РЩ і РП розміщують у спеціальних приміщеннях або шафах, що замикаються. Ці шафи не мають струмоведучих частин на лицьовій стороні. Затискачі електродвигунів і інших електроприймачів, а також пускових апаратів закривають кожухом для виключення відкритого доступу до них.

Забороняється проведення ремонтних робіт на електродвигунах і пускових апаратах під час їхньої роботи. При цьому обов'язкове їх повне відключення вимикачем на груповому щитку і т.д.

Для зовнішніх установок і повітряних електричних мереж установлені необхідні висоти і габарити наближення до різних будинків і споруд, що забезпечують неможливість дотику до проводів. Ці заходи залежать від напруги мережі і зазначені в ПУЕ і ДБН.

Правилами техніки безпеки також установлені вимоги безпеки, яких повинен дотримуватися обслуговуючий електротехнічний персонал у процесі експлуатації електроустановок. Для захисту обслуговуючого персоналу від ураження струмом і дії електричної дуги застосовують різноманітні захисні засоби і пристосування. До них відносять інструменти з ізолюючими рукоятками, діелектричні рукавички, калоші і боти, резинові коврики, захисні окуляри, спеціальні сходинки і драбини, переносні заземлення й огороження, а також сигнальні переносні покажчики напруги і струму.

При проведенні робіт в установках до 1 кВ при повному знятті напруги необхідно, щоб усі невідключені струмоведучі частини іншого сусіднього устаткування мали наглухо закриті огороження чи знаходилися на відстані або на висоті, при яких випадковий дотик до них буде неможливим. Правила дозво-

ляють у визначених умовах роботи без зняття напруги, для чого застосовують захисні засоби і спеціальні пристосування. У цьому випадку можуть працювати два електромонтери, старший з яких повинний мати кваліфікацію по техніці безпеки не нижче IV групи, молодший - не нижче III групи.

Надзвичайно важливе значення має рівень ізоляції. Необхідно забезпечувати неухильне виконання вимог ПУЕ до улаштування електроустановок залежно від категорії приміщень. При дистанційному керуванні в електроустановках застосовують світлову або звукову сигналізацію, яка попереджає працюючих про пуск механізмів, а в деяких випадках (на ТП, РП тощо) - блокувальні пристрої, які виключають можливість дотику до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою. У терміни, регламентовані правилами технічної експлуатації, проводять профілактичні огляди і виміри, що характеризують стан електроустаткування.

Для попередження населення про небезпеку, яку становлять усі види електроустаткування, широко застосовуються різні форми доведення інформації, у тому числі популярні брошури, плакати, лекції, бесіди, що практикуються енергопостачальними організаціями.

Поряд із загальними заходами безпеки для захисту людей від ураження струмом у мережах і електроустановках також широко застосовують наступні заходи: захисне заземлення (занулення), захисне відключення, малі напруги (до 42 В), розділяючі трансформатори, ізолюючі площадки, вирівнювання потенціалів у межах установки або її частин.

10.4. Заземлення

Під заземленням будь-якої частини електроустановки, як було зазначено у п.10.2, розуміють навмисне з'єднання її з заземлюючим пристроєм. Заземлюючий пристрій складається із заземлювачів і заземлюючих провідників. **Заземлювач** являє собою один або декілька з'єднаних між собою металевих провідників (електродів), що знаходяться в безпосередньому контакті з землею. **Заземлюючі провідники** - металеві провідники, що з'єднують заземлювач із заземленими частинами електроустановки.

Главою 1.7 ПУЕ [1.8] встановлено, що в приміщеннях з підвищеною загрозою, особливо небезпечних і в зовнішніх електроустановках захисне заземлення або занулення обов'язково у всіх випадках при напрузі змінного струму вище 42 В і постійного струму вище 110 В. У приміщеннях без підвищеної небезпеки заземлення потрібно при напрузі 380 В й вище змінного струму і 440 В і вище постійного струму.

Заземленню (зануленню) підлягають усі металеві корпуси електродвигунів, пускової апаратури, електроінструменти, металеві труби електропроводок, коробка, лотки, металеві оболонки, броня і муфти кабелів, кабельні конструкції, кронштейни й інші металеві елементи кріплення електропроводок і т.д. Незважаючи на те, що житлові будинки відносять до приміщень без підвищеної не-

безпеки, заземленню (зануленню) підлягають корпуса кухонних стаціонарних електроприладів потужністю 1,3 кВт і вище, таких, як посудомийні, автоматичні пральні машини, а також корпуса щитів, щитків, світильників і сталеві труби, короби, лотки електропроводок на сходових клітках, у технічних підпіллях і на горищах. Металеві оболонки і броня кабелів, як правило, повинні бути заземлені на початку і на кінці траси.

Не підлягають заземленню арматура ізоляторів, кронштейни й освітлювальна арматура при її встановленні на дерев'яних опорах, корпуса електроприймачів з подвійною ізоляцією, двері, що відкриваються, на металевих заземлених шафах. У житлових кімнатах, а також у кухнях і вбиральнях квартир металеві корпуси стаціонарно встановленого освітлювального електроустаткування і переносних побутових електроприладів і машин потужністю до 1,3 кВт (праски, чайники, холодильники, швейні машини і т.д.) заземлювати (зануляти) не потрібно. У ванних кімнатах можуть застосовуватися прилади і машини, що мають подвійну ізоляцію, які не потрібно заземлювати (зануляти). При використанні у ванних кімнатах машин і приладів з одинарною ізоляцією їхні металеві корпуси необхідно заземлювати (зануляти).

Корпуса сталевих або чавунних ванн з'єднуються за допомогою сталевій смуги з трубами водопроводу для вирівнювання потенціалів, що можуть з'явитися на корпусі ванни при ушкодженні схованих електропроводок, які знаходяться в конструкціях будинків.

У чотирипроводних мережах змінного струму з глухозаземленою нейтраллю приєднання корпуса електроприймачів і інших частин електроустановок, підлягаючих заземленню, до заземлювача без підключення до нульового захисного проводу не дозволяється, тому що при цьому не гарантується безпека людей, оскільки при замиканні на корпус через два послідовних заземлювача струм однофазного КЗ може виявитися недостатнім для спрацювання захисту.

Необхідно відзначити, що заземлення в будинках і спорудах є загальним як для всіх електротехнічних установок, так і для пристроїв автоматики. У якості заземлювачів, в першу чергу використовують так звані природні заземлювачі. До них відносять водопровідні й інші металеві трубопроводи без антикорозійного покриття, за винятком трубопроводів з горючими рідинами або горючими і вибуховими газами, свинцеві оболонки кабелів, металеві конструкції й арматура залізобетонних будинків і споруд, що мають з'єднання з землею, фундаменти, обсадні труби тощо. Алюмінієві оболонки кабелів і неізольовані алюмінієві провідники використовувати в якості заземлювачів не дозволяється.

У тих випадках, коли природні заземлювачі відсутні або їхній опір перевищує необхідне значення, улаштовуються штучні заземлювачі, що складаються з відрізків кутової сталі (розмірами 50x50x4 мм) довжиною 2,5 - 3 м, некондиційних сталевих труб діаметром 50 мм тієї ж довжини з товщиною стінки не менше 3,5 мм, відрізків круглої сталі діаметром 12 - 14 мм, довжиною до 5 м і більше.

Зазначені відрізки (електроди) занурюють в ґрунт на відстані один від одного приблизно 3 м і з'єднують між собою сталевую смугою розміром 40х4 мм. Верхні кінці електродів повинні бути на глибині 0,6 - 0,7 м від поверхні. Сполучну смугу прокладають в траншеї глибиною 0,6 - 0,7 м. Усі з'єднання здійснюють зварюванням. Кількість електродів залежить від розмірів, питомого опору ґрунту, глибини промерзання і деяких інших факторів і визначається на підставі спеціального розрахунку.

В електроустановках до 1 кВ із глухим заземленням нейтралі нульові захисні провідники повинні бути вибрані таким чином, щоб при однофазному замиканні на корпус або на нульовий провідник відбувалося швидке відключення захистом дефектної ділянки. ПУЕ вимагають, щоб при цьому струм однофазного КЗ у найбільш віддаленій точці кола перевищував не менш ніж у 3 рази номінальний струм плавкої вставки найближчого запобіжника або номінальний струм комбінованого або теплового розчеплювача автоматичного вимикача.

У повітряних мережах змінного струму занулення здійснюється за допомогою нульового проводу, прокладеного на тих же опорах лінії, що і фазні проводи. На кінцях повітряних ліній (або відгалужень) довжиною більш 200 м, а також на вводах у будинки, електроустановки яких підлягають зануленню, виконують повторні заземлення нульового проводу загальним опором у мережах 380/220 В не більш 10 Ом, при цьому опір кожного з повторних заземлень повинний бути не більш 30 Ом.

Для повторного заземлення, в першу чергу, використовують природні заземлювачі. Повторні заземлювачі підвищують умови безпеки, особливо при обривах нульового проводу. У повітряних лініях довжиною до 200 м і кабельних мережах будь-якої довжини повторні заземлення не потрібні, тому що в них обрив нульової жили малоймовірний. У житлових будинках з електроплитами в квартирах повторні заземлення виконуються і при кабельних вводах.

Детальніше з захисними заходами електробезпеки можна ознайомитися у главі 7 ПУЕ [1.8], розділі 12 ДБН В. 2.5.-23-2003 [1.1] та у ДБН В.2.5-27-2006 [1.2].

10.5. Захисне відключення і розділові трансформатори

Захисне заземлення (занулення) не завжди забезпечує необхідні умови безпеки людей, що стикаються з електроустановками, тому що навіть при струмі однофазного КЗ, що перевищує в 3 рази номінальний струм плавкої вставки запобіжника або розчеплювача автоматичного вимикача, спрацювання захисту відбувається з деякою затримкою часу (іноді в кілька хвилин). У цих випадках доцільно, особливо в приміщеннях з підвищеною небезпекою, додатково до заземлення застосовувати захисне відключення.

10.5.1. Апарати захисного відключення являють собою автоматичні вимикачі, упорядковані пристроями, що реагують на струм витоку. Основною частиною пристрою захисного відключення є диференціальний трансформатор струму, первинною обмоткою якого служать проводи мережі, що підлягає захи-

сту. До вторинної обмотки приєднується схема, яка безпосередньо діє на механізм відключення вимикача.

Існує велика різноманітність видів пристроїв захисного відключення. Найбільш дієвими є пристрої високої чутливості, що реагують не тільки на глухе, але і на неповне замикання на землю. Такі пристрої при правильно обраних уставках струмів витоку (близько 30 мА) мають велику швидкодію і захищають людину навіть при однополюсному дотику до струмоведучих частин.

Функції пристроїв захисного відключення зводяться до наступного:

- захист від глухого замикання на землю;
- захист від неповного замикання на землю;
- автоматичний постійний контроль стану ізоляції мережі і кіл заземлення (занулення);
- самоконтроль.

Найбільш прості апарати захисного відключення спрацьовують при замиканні на землю з часом відключення 0,1 - 0,2 с і забезпечують безпеку тільки при дотику до заземлених неструмоведучих частин, які опинились під напругою.

Дія пристроїв захисного відключення заснована на тому, що через диференціальний трансформатор струму пропускають усі проводи лінії, що захищається, включаючи нульовий провід, завдяки чому геометрична сума струмів дорівнює нулю навіть при несиметричному навантаженні фаз. За такої рівноваги струмів пристрій не спрацьовує. При замиканні однієї фази на корпус виникає струм витоку, що не проходить через диференціальний трансформатор струму. З'явившись при цьому в диференціальному трансформаторі струм небалансу викликає спрацьовування пристрою захисного відключення.

Уставка на струм витоку повинна бути більше природних струмів витоку електроприймачів, приєднаних до мережі що захищається, у противному випадку можуть виникати помилкові відключення. Разом з тим загрублення уставок струмів витоку знижує надійність захисту від поразки електричним струмом.

10.5.2. Розділові трансформатори. Знижуючі трансформатори з вторинною напругою не більш 42 В і заземленою вторинною обмоткою не забезпечують необхідної безпеки у випадку порушення ізоляції між обмотками. У цьому випадку у вторинне коло переходить напруга первинного кола і людина може виявитися під потенціалом, небезпечним для життя.

Цього недоліку можна уникнути, застосовуючи так звані розділові трансформатори. Ці трансформатори мають підвищену ізоляцію, завдяки чому в значній мірі знижується можливість переходу напруги первинної обмотки у вторинну. Розділові трансформатори не обов'язково повинні бути знижуючими, однак вторинна напруга не повинна бути більше 380 В.

Прагнення до створення найбільших зручностей призвело до улаштування у ванних кімнатах квартир, готелів і гуртожитків штепсельних розеток для вмикання в них деяких побутових електроприймачів, що споживають невелику по-

тужність. До таких електроприймачів відносяться електробритви, вібраційні прилади для масажу тощо. Однак, установка штепсельної розетки у ванній кімнаті з приєднанням її безпосередньо до мережі квартири являє безумовну небезпеку для людей і ПУЕ заборонена. Справа у тому, що в умовах ванної кімнати (зазвичай вкрай тісне приміщення, у якому є заземлені металеві частини - крани, труби, ванна тощо), несправність ізоляції електроприймача або штепсельної розетки може призвести до важких травм. Штепсельна розетка у ванній кімнаті повинна включатися тільки через розділовий трансформатор, завдяки чому побутовий електроприймач ізолюється від загальної мережі квартири, тобто виключаються умови, що визивають підвищену небезпеку.

Вторинну обмотку розділового трансформатора й електроприймач, підключений до нього, заземлювати заборонено.

За відсутності заземлення дотик до частини, що знаходиться під напругою, або до корпусу з ушкодженою ізоляцією не створює небезпеки, тому що вторинне коло розділового трансформатора коротке і струми витoku в ньому при справній ізоляції невеликі. Якщо при цьому виникає пошкодження ізоляції і на іншій фазі вторинного кола (подвійне замикання), то на корпусі електроприймача з'явиться напруга відносно землі, що в несприятливих випадках (наприклад, проводяча підлога у ванній кімнаті) може стати небезпечним. Щоб зменшити імовірність появи подвійних замикань, до розділового трансформатора не слід приєднувати більше однієї розетки. Крім того, самі розділові трансформатори повинні мати високий рівень ізоляції, що досягається їх спеціальним виконанням.

Контрольні запитання і завдання

1. Який вплив справляє електричний струм на організм людини?
2. На які групи ділять приміщення в залежності від небезпеки поразки електричним струмом?
3. Які можливі випадки дотику людини до струмоведучих части?
4. Що розуміється під захисним заземленням?
5. Поясніть літерне позначення систем захисного заземлення.
6. Поясніть схему системи IT.
7. Поясніть схему системи TT.
8. Поясніть схему системи TN-C.
9. Поясніть схему системи TN-S.
10. Поясніть схему системи TN-C-S?
11. Наведіть приклади загальних заходів безпеки.
12. Які вимоги до заземлення?
13. Поясніть роботу захисного відключення.
14. Поясніть вимоги і роботу розділових трансформаторів.

11. ПРАКТИКУМ

11.1. Задачі

Задача 1. Визначити розрахункове навантаження силового устаткування на шинах РП будівельної ділянки. Перелік електроустаткування і вихідні дані для розрахунку наведені у табл. 11.1.

Таблиця 11.1 – Вихідні дані для розрахунку

Група електроприймачів	Число електроприймачів, n	Номінальна потужність, P _н , кВт
Бетонно-розчинні пристрої	2	5
Конвеєр	2	4
Вібратор	4	3
Компресор	2	3
Вентилятор, насос	3	3

Розв'язання задачі 1. Визначаємо сумарну потужність електроприймачів кожної групи

$$P_{н.гр} = n_{гр} P_n \quad (11.1)$$

За довідковими даними (табл. 3.1) знаходимо значення коефіцієнта попиту k_p і коефіцієнта потужності $\cos\phi$ для заданих груп електроприймачів.

За отриманими $\cos\phi$ груп електроприймачів визначаємо відповідні їм значення $\tan\phi$.

Визначаємо розрахункові навантаження груп електроприймачів:

$$P_{р.гр} = k_p \cdot P_{н.гр}, \quad Q_{р.гр} = \tan\phi \cdot P_{р.гр}, \quad S_{р.гр} = \sqrt{P_{р.гр}^2 + Q_{р.гр}^2}$$

Знаходимо розрахункові активну і реактивну потужності на шинах РП

$$P_p = \Sigma P_{р.гр}, \quad Q_p = \tan\phi_{ш} \cdot P_p,$$

де $\tan\phi_{ш}$ - середньовважене значення коефіцієнта реактивної потужності визначається за значеннями $\tan\phi$ для груп електроприймачів.

Прийнявши $k_{од} = 1$, за формулою (3.12) знаходимо розрахункову повну потужність на шинах РП.

Результати розрахунків заносимо у табл. 11.2.

Таблиця 11.2 – Результати розрахунку навантажень

Група електроприймачів	Число електроприймачів	Сумарна потужність, P _н , кВт	Коеф. попиту, k _p	cosφ	tgφ	Розрахункові навантаження		
						P _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВА
Бетонно-розчинні пристрої	2	10	0,7	0,7	1	7	7	-
Конвеєр	2	8	0,8	0,75	0,88	6,4	5,63	-
Вібратор	4	6	0,6	0,75	0,88	3,6	3,17	-
Компресор	2	6	0,8	0,85	0,62	4,8	3,0	-
Вентилятор, насос	3	6	0,8	0,85	0,62	4,8	3,0	-
Разом	13	36	0,74	0,78	0,8	26,6	21,28	34,06

Задача 2. На будівельному майданчику протягом року передбачається побудувати багатоквартирний цегельний будинок загальним об'ємом 12450 м^3 . Визначити розрахункову потужність навантаження, якщо житловий будинок передбачається будувати при двозмінній роботі (зміна - вісім годин), коли можливе максимальне число годин використання максимуму активної потужності на рік можна прийняти рівним $T_{\text{мак}} = 4500 \text{ год}$.

Розв'язання задачі 2. З довідкової табл. 3.2 знаходимо питому витрату енергії на 1 м^3 спорудження (для кладочної конструкції житлового будинку дорівнює 1500 кВт*год). З урахуванням цього значення знаходимо кількість електроенергії, споживану дільницею за рік

$$W_{\text{річ}} = 12450 \times 1500 = 18675000 \text{ кВт*год}$$

і значення величини розрахункової потужності

$$P_p = 18675000 / 4500 = 4150 \text{ кВт.}$$

Прийнявши середньозважене значення річного коефіцієнта потужності рівним 0,7, знаходимо повне розрахункове навантаження ділянки

$$S_p = 4150 / 0,7 = 5929 \text{ кВА.}$$

Задача 3. Визначити розрахункове навантаження освітлення будівельного майданчика з установленою (номінальною) потужністю ламп розжарювання 2,5 кВт і ртутних ламп типу ДРЛ - 2 кВт. Коефіцієнт потужності для ламп розжарювання дорівнює одиниці, для ртутних ламп типу ДРЛ - 0,5.

Розв'язання задачі 3. Оскільки на будівельному майданчику в основному виконується зовнішнє освітлення, приймаємо коефіцієнт попиту $k_{\text{п}} = 1$. Тоді, з урахуванням коефіцієнтів ламп $k_{\text{л}}$ (див. 3.15), отримаємо розрахункову активну потужність освітлення:

$$P_{\text{р.осв}} = 1 \cdot 2,5 + 1,12 \cdot 2 = 4,74 \text{ кВт.}$$

Розрахункову реактивну потужність визначимо, використовуючи коефіцієнт потужності ламп, прийнятий для ламп розжарювання $\cos \varphi = 1$ ($\text{tg} = 0$) і ртутних ламп $\cos \varphi = 0,5$ ($\text{tg} = 1,73$).

$$Q_{\text{р.осв}} = 2,5 \cdot 0 + 1,12 \cdot 2 \cdot 1,73 = 3,88 \text{ кВАр.}$$

Задача 4. Розрахувати кабельну лінію трифазної системи струмів напругою 380/220 В, призначену для живлення силового розподільного щита будівельного майданчика. Розрахункове навантаження щита $P_p = 78 \text{ кВт}$ при $\cos \varphi = 0,75$, довжина лінії $l_{\text{л}} = 110 \text{ м}$.

Розв'язання задачі 4.

Визначимо розрахунковий струм навантаження

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{78}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,75} = 157 \text{ А.}$$

За даними табл. Д.1.3 вибираємо чотирижильний кабель з алюмінієвими жилами на напругу до 660 В перерізом 95 мм², прокладка у повітрі. Довгостроково допустимий струм для цього кабелю $I_D = 183$ А. Оскільки $I_D > I_P$, то за умовою нагрівання кабель підходить.

Перевіримо обраний кабель на втрату напруги (7.5):

$$\Delta U \% = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot I_P \cdot l}{U} (R_0 \cdot \cos \varphi + X_0 \cdot \sin \varphi),$$

$$\Delta U \% = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 157 \cdot 0,110}{380} (0,514 \cdot 0,75 + 0,35 \cdot 0,655) = 2,54 \%,$$

де $R_0 = 0,514$ Ом/км; $X_0 = 0,35$ Ом/км - для усіх перетинів кабельних ліній напругою до 1000 В.

Допустима втрата напруги в силових низьковольтних мережах $\Delta U_D \leq 5\%$. У нашому випадку $\Delta U \leq \Delta U_D$, отже, обраний нами за умовою нагрівання кабель підходить і за умовою втрати напруги.

Задача 5. Від трансформаторної підстанції з номінальною напругою на низькій стороні 380/220 В прокладена лінія на будівельний майданчик (рис. 11.1). Електродвигуни, зазначені на схемі, короткозамкнуті, асинхронні (характеристики двигунів наведені в табл. 11.1). Освітлювальне навантаження - симетричне.

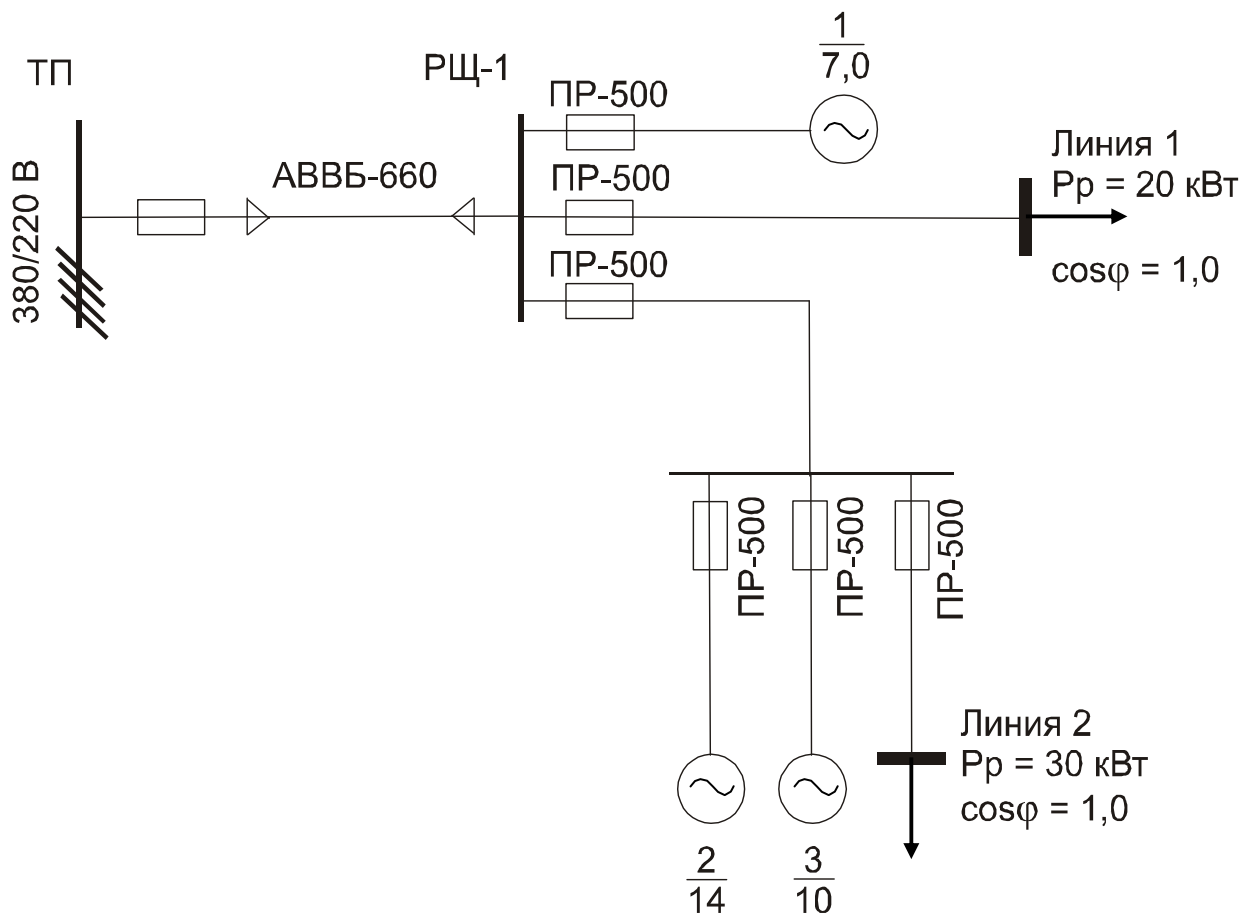


Рис. 11.1 – Розрахункова схема мережі

Таблиця 11.1 – Характеристики асинхронних двигунів

Характеристика	Електродвигун		
	1	2	3
Номінальна потужність P_n , кВт	7	14	10
Кратність пускового струму k_n	5,5	5,5	5,5
ККД	0,82	0,82	0,87
Коефіцієнт потужності $\cos\varphi$	0,9	0,88	0,92
Коефіцієнт навантаження k_n	1	0,8	0,9

Мережу пропонується виконати:

- від шин ТП до щитка РЩ-1 - чотирижильним кабелем з алюмінієвими жилами, прокладеним у повітрі;
- освітлювальну - ізольованим проводом на роликах по стінах (відкрита чотирипроводна проводка);
- від щитка РЩ-1 до щитка РЩ-2 - чотирипроводна проводка в газових трубах;
- усі інші мережі - трипроводні в газових трубах.

Навантаження освітлювальної лінії 1 складає $P_{л1} = 20$ кВт, лінії 2 $P_{л2} = 30$ кВт. Потрібно підібрати плавкі вставки запобіжників і вибрати за умови нагрівання необхідні перетини проводів і кабелів. При розрахунку необхідно врахувати, що електродвигун 1 може бути перевантажений.

Розв'язання задачі 5.

Електродвигун 1.

Номінальний струм двигуна

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta \cdot \cos \varphi} = \frac{7}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,82 \cdot 0,9} = 14,4 \text{ А}.$$

Визначимо струм плавкої вставки

$$I_{вст} \geq \frac{I_{пуск}}{2,5} = \frac{I_H \cdot k_n}{2,5} = \frac{14,4 \cdot 5,5}{2,5} = 31,7 \text{ А}.$$

Вибираємо найближчий стандартний номінальний струм плавкої вставки (табл. 8.1.) $I_{вст} = 35$ А. З урахуванням того, що електродвигун 1 може перевантажуватися в процесі експлуатації, проводка до нього повинна бути розрахована також на перевантаження:

$$I \geq 1,25 I_{вст} = 40 \text{ А}.$$

За довідковими таблицями (див. табл. Д.1.2) вибираємо перетин однієї жили алюмінієвого ізольованого проводу для прокладки в газових трубах марки ПР-10 мм². Допустимий тривалий струм для цього проводу $I_d = 47$ А. З урахуванням цього значення перевіримо обраний перетин проводу на захист плавкою вставкою від струмів короткого замикання:

$$I_{вст} / I_d \leq 3,0, \quad 40 / 47 \leq 3,0.$$

Умова захисту від струмів короткого замикання виконується.

Електродвигун 2.

$$I_H = \frac{14}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85 \cdot 0,88} = 28,3 \text{ А}.$$

$$I_{BCT} = \frac{28,3 \cdot 5,5}{2,5} = 62,3 \text{ А}.$$

Вибираємо значення найближчої стандартної плавкої вставки $I_{BCT} = 80 \text{ А}$.
З урахуванням коефіцієнта навантаження визначимо струм, що споживає двигун:

$$I_{СПОЖ} = 0,8 \cdot I_H = 0,8 \cdot 28,3 = 22,6 \text{ А}.$$

За значенням струму споживання вибираємо (табл.Д.1.2) перетин алюмінієвих ізольованих проводів у газових трубах $S = 4 \text{ мм}^2$. Для даного проводу допустима тривалість струму $I_{ДОП} = 28 \text{ А}$.

Перевіримо обраний перетин проводу на захист від струмів короткого замикання:

$$I_{BCT} / I_D \leq 3,0, \quad 80/28 = 2,86 \leq 3,0.$$

Умова захисту від струмів короткого замикання виконується.

Електродвигун 3.

$$I_H = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,87 \cdot 0,92} = 19 \text{ А}.$$

$$I_{BCT} = \frac{19 \cdot 5,5}{2,5} = 41,8 \text{ А}.$$

Вибираємо стандартну плавку вставку (табл. 8.1) на номінальний струм $I_{BCT} = 45 \text{ А}$. З урахуванням коефіцієнта навантаження визначимо струм, що споживає двигун:

$$I_{СПОЖ} = 0,9 \cdot I_H = 0,9 \cdot 19 = 17 \text{ А},$$

і перетин алюмінієвих ізольованих проводів у газових трубах (табл. Д.1.2) $S = 2,5 \text{ мм}^2$. Допустима тривалість струму $I_{ДОП} = 19 \text{ А}$.

Перевіримо захист проводів від струмів короткого замикання:

$$45/19 \leq 3,0.$$

Умова захисту від струмів короткого замикання виконується.

Освітлювальна лінія 1

$$I_P = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 30 \text{ А}.$$

$$I_{BCT} \geq \frac{I_{ПУСК}}{3} = \frac{I_P \cdot 15}{3} = \frac{30 \cdot 15}{3} = 150 \text{ А}.$$

Вибираємо найближчий номінальний струм плавкої вставки (табл. 8.1) $I_{BCT} = 160 \text{ А}$. За умови захисту від короткого замикання вибираємо перетин фазних алюмінієвих проводів в ізоляції:

$$3,0 \geq I_{BCT} / I_D = 160/60; \quad I_D = 60 \text{ А}; \quad S = 10 \text{ мм}^2.$$

Таким чином, вибираємо перетин алюмінієвих в ізоляції фазних проводів 10 мм^2 , а нейтрального проводу 6 мм^2 .

Освітлювальна лінія 2.

$$I_p = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 45 \text{ А}.$$

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{пуск}}}{3} = \frac{I_p \cdot 15}{3} = \frac{45 \cdot 15}{3} = 225 \text{ А}.$$

Вибираємо найближчий номінальний струм плавкої вставки $I_{\text{вст}} = 225 \text{ А}$. За умови захисту від короткого замикання вибираємо перетин фазних алюмінієвих проводів в ізоляції

$$3,0 \geq I_{\text{вст}} / I_{\text{д}} = 225/105; \quad I_{\text{д}} = 105 \text{ А}; \quad S = 25 \text{ мм}^2.$$

Таким чином, вибираємо перетин алюмінієвих в ізоляції фазних проводів 25 мм^2 , а нейтрального проводу 16 мм^2 .

Ділянка мережі від щитка РЩ-1 до щитка РШ-2. Розрахунковий струм лінії:

$$I_p = 22,6 + 17 + 45 = 84,6 \text{ А}.$$

За даними табл. Д1.2 вибираємо $S = 35 \text{ мм}^2$; $I_{\text{доп}} = 85 \text{ А}$.

Беручи до уваги, що на цій ділянці максимальним пусковим буде струм від лінії освітлення і враховуючи (7.20), визначаємо номінальний струм плавкої вставки:

$$I_{\text{пуск}} = 22,6 + 17 + 15 \cdot 45 = 715 \text{ А},$$

$$I_{\text{вст}} \geq 715/2,5 = 238 \text{ А}.$$

З урахуванням селективності номінальний струм плавкої вставки $I_{\text{вст}} = 350 \text{ А}$. За умови захисту від струмів короткого замикання уточнимо перетин алюмінієвого проводу

$$3,0 \geq I_{\text{вст}} / I_{\text{д}} = 350/120; \quad I_{\text{д}} = 120 \text{ А}; \quad S = 50 \text{ мм}^2.$$

Таким чином, вибираємо для прокладки в газових трубах алюмінієвий провід в ізоляції перетином 50 мм^2 , а нейтральний алюмінієвий провід в ізоляції перетином 35 мм^2 .

Ділянка мережі, прокладена чотирижильним кабелем від ТП до РЩ-1:

$$I_p = 22,6 + 17 + 45 + 14,4 + 30 = 129 \text{ А};$$

$$I_{\text{пуск}} = 22,6 + 17 + 45 + 14,4 + 675 = 759,4 \text{ А};$$

$$I_{\text{вст}} \geq 759,4/3,0 = 253 \text{ А}.$$

З урахуванням селективності номінальний струм плавкої вставки $I_{\text{вст}} = 400 \text{ А}$. За умови захисту від струмів короткого замикання, використовуючи табл.Д.1.3, визначимо перетин фазних жил кабелю

$$3,0 \geq I_{\text{вст}} / I_{\text{д}} = 400/156; \quad I_{\text{д}} = 156 \text{ А};$$

Вибираємо кабель марки АВВБ із перетином фазних жил 70 мм^2 .

Задача 6. Вибрати потужність і визначити втрати трансформатора, за умови що розрахункова потужність споживачів на будівельному майданчику складає $S_p = 90$ кВА.

Розв'язання задачі 6.

Виходячи з умов задачі, електроспоживачі будівельного майданчика відносяться до третьої категорії надійності. Уцьому випадку на підстанції буде задіяно один трансформатор. По заданій потужності об'єкта визначаємо необхідне значення сумарної номінальної потужності трансформатора підстанції:

$$S_{н.тр} = 90/1,05 = 86,7 \text{ кВА.}$$

По довідковій таблиці потужностей силових трансформаторів підстанцій (див., наприклад, табл. Д3.1) вибираємо потужність трансформатора з найближчим стандартним значенням потужності - 100 кВА (при виборі двох трансформаторів береться найближча сумарна потужність стандартних значень потужностей таких трансформаторів), і потім, скориставшись (7.28) і (7.29), визначаємо втрати в обраному трансформаторі:

$$\Delta P_T = 0,025 \cdot 100 = 2,5 \text{ кВт;}$$

$$\Delta Q_T = 0,125 \cdot 100 = 12,5 \text{ кВАр;}$$

$$\Delta S_T = \sqrt{2,5^2 + 12,5^2} = 12,75 \text{ кВт.}$$

Оскільки сумарна потужність навантаження об'єкта і втрат у трансформаторі не перевищує допустиме тривале навантаження трансформатора

$$S_p + \Delta S_T \leq S_{н.т} = 102,75 < 105 ,$$

потужність трансформатора вибрана правильно.

Задача 7. На будівельному майданчику встановлено бетономішалку з асинхронним двигуном, який має такі параметри: $P_n = 5,0$ кВт, $U_n = 380$ В, $\cos \varphi = 0,8$, ККД $\eta = 0,94$, кратність пускового струму $k_{п.с.} = 5$. Вибрати переріз кабелю з алюмінієвими жилами для тимчасового підключення бетономішалки, перевірити обраний переріз на втрату напруги при запуску двигуна, вибрати запобіжник з плавкою встакною для захисту електродвигуна від коротких замикань. Відстань від РШ до бетономішалки $l = 30$ м.

Розв'язання задачі 7.

Номінальний струм двигуна:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{5 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,94} = 10 \text{ А.}$$

Обираємо за табл.Д.1.3 трижильний кабель перерізом $2,5 \text{ мм}^2$, який допускає струм 22 А.

Активний опір кабелю:

$$R = R_0 \cdot l = 28/2,5 \cdot 0,03 = 0,336 \text{ Ом.}$$

Індуктивний опір кабелю, в силу його малості, до уваги не приймаємо.

Пусковий струм двигуна:

$$I_{\text{пуск}} = 5 \cdot I_{\text{ном}} = 5 \cdot 10 = 50 \text{ А.}$$

Втрата напруги від пускового струму двигуна:

$$\Delta U = R \cdot I_{\text{пуск}} = 0,336 \cdot 50 = 16,8 \text{ В,}$$

що становить в процентах від номінальної напруги:

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U_n} 100\% = \frac{16,8}{380} 100\% = 4,4\%.$$

Це менше допустимих 10%, тому алюмінієвий трижильний кабель з перерізу 2,5 мм² підходить для підключення бетономішалки.

Номінальний струм плавкої вставки:

$$I_{\text{вст}} \geq \frac{I_{\text{пуск}}}{1,6} = \frac{50}{1,6} = 31,3 \text{ А.}$$

За даними табл.8.1 вибираємо запобіжник ПР-2-60 з плавкою вставкою на 35 А.

Задача 8. Освітлювальне навантаження потужність 3,5 кВт підключено до РП будівельного майданчика, напруга мережі 220 В, відстань від РП до споживачів $l = 55 \text{ м}$.

Обрати переріз алюмінієвого дроту лінії освітлення і перевірити його за критерієм втрати напруги.

Розв'язання задачі 8.

Номінальний струм лінії освітлення

$$I_{\text{л}} = P/U = 3,5 \cdot 1000/220 = 15,9 \text{ А.}$$

За даними табл. Д1.2 вибираємо алюмінієвий дріт з гумовою ізоляцією перерізом 2,5 мм² (тривале допустиме навантаження 24 А).

Активний опір провoda

$$R = R_0 \cdot l = 28/2,5 \cdot 55 \cdot 10^{-3} = 0,616 \text{ Ом.}$$

Втрата напруги на даній лінії

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_{\text{л}} = 2 \cdot 0,616 \cdot 15,9 = 19,59 \text{ В,}$$

що становить в процентах від номінальної напруги:

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100\% = \frac{19,59}{220} \cdot 100\% = 8,9\%.$$

Втрата напруги перевищує допустиме для освітлювальних мереж значення 2,5%. Вибираємо дріт більшим перерізом 10 мм² і повторюємо розрахунок:

$$R = R_0 \cdot l = 28/10 \cdot 55 \cdot 10^{-3} = 0,154 \text{ Ом;}$$

$$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I_{\text{л}} = 2 \cdot 0,154 \cdot 15,9 = 4,9 \text{ В;}$$

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100\% = \frac{4,9}{220} \cdot 100\% = 2,23\%.$$

11.2. Завдання на виконання контрольної роботи

Розв'язати задачі 1 – 8 для свого варіанту вихідних даних, наведених у табл. 11.2 – 11.9

Таблиця 11.2 – Вихідні дані до задачі 1.

Група електроприймачів	Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3		Варіант 4		Варіант 5	
	п	Р _н , кВт	п	Р _н , кВт	п	Р _н , кВт	п	Р _н , кВт	п	Р _н , кВт
Бетонно-розчинні пристрої	2	10	3	9	4	8	2	10	1	10
Конвеєр	2	8	2	6	1	7	2	8	2	8
Вібратор	4	6	3	6	2	4	4	6	1	6
Компресор	2	6	1	4	4	2	2	6	2	6
Вентилятор	3	2	2	4	2	1	3	5	1	3

Продовження табл. 11.2

Група електроприймачів	Варіант 6		Варіант 7		Варіант 8		Варіант 9		Варіант 10	
	п	Р _н , кВт	п	Р _н , кВт	п	Р _н , кВт	п	Р _н , кВт	п	Р _н , кВт
Бетонно-розчинні пристрої	4	6	1	4	3	10	2	8	1	8
Конвеєр	2	10	4	5	1	7	3	4	2	5
Вібратор	2	8	3	4	5	4	5	6	4	6
Компресор	2	6	1	10	3	2	3	5	2	5
Вентилятор	3	4	3	6	2	1	3	4	1	5

Таблиця 11.3 – Вихідні дані до задачі 2.

Показники	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Об'єм цегельного будинку, м ³	14600	28400	16200	17300	14800	22300	18200	24100	11700	11100
T _{мак} , год	4800	5200	3800	4200	4600	5100	5400	4800	4600	5200

Таблиця 11.4 – Вихідні дані до задачі 3.

Показники	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P _{л.накал} , кВт	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,0	2,2	2,8	1,8	3,0
P _{ртут.ламп} , кВт	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0
cosφ _{ртут.ламп}	0,6	0,5	0,6	0,6	0,58	0,62	0,52	0,54	0,56	0,5

Таблиця 11.5 – Вихідні дані до задачі 4.

Показники	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P _р , кВт	80	82	84	86	78	76	74	72	70	68
cosφ	0,8	0,76	0,74	0,77	0,78	0,8	0,82	0,84	0,74	0,76
l _л , м	100	120	80	90	98	108	128	142	140	138

Таблиця 11.6 – Вихідні дані до задачі 5

Характеристика	Варіант 1			Варіант 2			Варіант 3			Варіант 4			Варіант 5		
	Двигун			Двигун			Двигун			Двигун			Двигун		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P_H , кВт	7	10	9	8	12	8	10	5,6	4,3	8	6	8	8	6	8
k_n	6,0	6,0	6,4	5,0	5,6	6,0	5,5	5,5	5,5	6	6	6	6	6	6
ККД	0,8	0,9	0,84	0,9	0,86	0,94	0,98	0,82	0,84	0,8	0,9	0,86	0,8	0,9	0,86
$\cos\varphi$	0,8	0,84	0,9	0,78	0,82	0,84	0,9	0,84	0,8	0,86	0,88	0,78	0,86	0,88	0,78
k_H	0,7	0,9	0,9	0,8	0,9	1	1	0,86	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9
$P_{л1}$, кВт	18			16			14			17			15		
$P_{л2}$, кВт	28			26			24			20			22		

Продовження табл. 11.6

Характеристика	Варіант 6			Варіант 7			Варіант 8			Варіант 9			Варіант 10		
	Двигун			Двигун			Двигун			Двигун			Двигун		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P_H , кВт	10	8	7	8	10	8	9	8	6	6	8	6	5	6	5
k_n	6,0	6,0	6,4	5,0	5,6	6,0	5,5	5,5	5,5	6	6	6	6	6	6
ККД	0,8	0,9	0,84	0,9	0,86	0,94	0,98	0,82	0,84	0,8	0,9	0,86	0,8	0,9	0,86
$\cos\varphi$	0,8	0,84	0,9	0,78	0,82	0,84	0,9	0,84	0,8	0,86	0,88	0,78	0,86	0,88	0,78
k_H	0,7	0,9	0,9	0,8	0,9	1	1	0,86	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9
$P_{л1}$, кВт	18			16			14			17			15		
$P_{л2}$, кВт	28			26			24			20			22		

Таблиця 11.7 – Вихідні дані до задачі 6.

Показник	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S_p , кВА	120	140	160	150	180	190	200	100	98	170

Таблиця 11.8 – Вихідні дані до задачі 7.

Показники	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_H , кВт	3,5	2,2	7,5	5,0	3,5	7,5	2,2	5,0	3,5	2,2
$\cos\varphi$	0,8	0,76	0,84	0,82	0,88	0,9	0,74	0,8	0,86	0,78
η	0,9	0,88	0,92	0,94	0,86	0,88	0,9	0,92	0,84	0,86
$k_{п.с.}$	5	5	6	6	6	5	5	6	6	6
l , м	40	50	60	80	90	100	95	85	75	65

Таблиця 11.9 – Вихідні дані до задачі 8.

Показники	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , кВт	3,5	3,2	3,8	4,0	4,6	3,6	2,8	3,0	3,7	4,8
l , м	40	50	60	80	90	100	95	85	75	65

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основна література

1.1. ДБН В.2.5.-23-2003. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення [Текст]. – К. : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2004. – 133 с.

1.2. ДБН В.2.5-27-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд [Текст]. – К.: Мінбуд України, 2006. - 112 с.

1.3. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок [Текст]. – К.: Київпромелектропроект, 2001. - 148 с.

1.4. *Киреева Э.А.* Электроснабжение жилых и общественных зданий [Текст] / Э.А. Киреева, С.А. Цырук. – М. : НТФ "Энергопрогресс", 2005. – 96 с.

1.5. *Козлов В.А.* Электроснабжение городов [Текст] / В.А. Козлов. – Л. : Энергия, 1988.- 264 с

1.6. *Козлов В.А.* Справочник по проектированию электроснабжения городов [Текст] / В.А. Козлов, Н.И. Билик, Д.Л.Файбисович. – Л. : Энергоатомиздат, 1986. - 255 с

1.7. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст]. - Х. : Вид-во "Форт", 2006. - 272 с

1.8. Правила устройства электроустановок [Текст]. – Х. : Изд-во "Форт", 2009. - 736 с.

1.9. *Тульчин И.К.* Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий [Текст] / И.К. Тульчин, Г.И. Нудлер. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 480 с.

1.10. *Федоров А.А.* Основы электроснабжения промышленных предприятий [Текст] / А.А. Федоров. - М. : Энергия, 1984. – 472 с.

1.11. Электротехнический справочник: в 3 т. Т. 3. Кн. 2. Использование электрической энергии [Текст] / под общ. ред. профессоров МЭИ: И.Н. Орлова (гл. ред.) и др. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 661 с.

2. Інтернет-ресурси

[Електрон. ресурс]2.2. Сайт ООО "Спецметаллсервис". ДБН – держані будівельні норми [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : http://s-metall.com.ua/dbn-_derjavni_budivelni_normi.html.

2.3. Електротехнічний інтернет-портал (Росія) [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://www.elec.ru>.

2.4. Сайт "Електроенергетика" [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://forca.com.ua/statti/>

2.5. Сайт СП "Українсько-російський електротехнічний торговий дім" [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://www.uretd.com/ukr/catalogue/low-voltage-equipment/ZR-2.html>

2.6. Сайт ТОВ "ПромАвтоматика Вінниця" [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://www.promavtomatika.com.ua/>

2.7. Сайт компанії "Енерготрансбуд", м. Київ [Електрон. ресурс]. - Режим доступу : <http://transformatory.com.ua/>

2.8. Сайт ЗАТ "ЕРГО" [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://ergo.biz.ua/golovna.html>

2.9. Сервісний портал "Elektrosvit.ua" [Електрон. ресурс]. – Режим доступу : <http://www.elektrosvit.com.ua>

ТЕРМІНИ ТА СКОРОЧЕННЯ

АБЖ – агрегат безперебійного живлення. (**UPS** - uninterruptible power system). Поєднання перетворювачів, перемикачів і засобів накопичення енергії (наприклад, акумуляторні батареї), що входять до складу системи живлення, для забезпечення безперебійного електропостачання у випадку порушення електропостачання.

АВР – автоматичне включення резерву.

БКТП – блочна (або будівельна) комплектна трансформаторна підстанція.

ВН – висока напруга.

ВП – ввідний пристрій – сукупність конструкцій, апаратів і приладів, які встановлюються на вводі лінії живлення в будівлю або в її відокремлену частину.

ВРП – ввідно-розподільний пристрій - сукупність конструкцій, апаратів і приладів, які встановлюються на вводі лінії живлення в будинок або в його відокремлену частину і живляться від ГРЩ.

ВРШ – ввідно-розподільна шафа.

ГРЩ – головний розподільний щит – щит, через який забезпечується живлення електроенергією всього будинку або його відокремленої частини.

Глухозаземлена нейтраль – нейтраль генератора або трансформатора, приєднана до заземлювального пристрою безпосередньо або через малий опір (наприклад, через трансформатори струму). Глухозаземленим може бути також вивід джерела однофазного струму або полюс джерела постійного струму у двопровідних мережах, а також середня точка джерела в трипровідних мережах змінного і постійного струму.

Групова мережа – мережа від щитків і розподільних пристроїв до світильників, штепсельних розеток та інших електроприймачів.

Груповий щиток – пристрій, у якому встановлені апарати захисту та комутаційні апарати (або тільки апарати захисту) для окремих груп світильників, штепсельних розеток та стаціонарних електроприймачів.

ДБН – державні будівельні норми.

Електрична мережа – сукупність електроустановок для передачі та розподілу електричної енергії.

Електробезпека – відсутність загрози з боку електроустановки життю, здоров'ю та майну людей, тваринам, рослинам і довкіллю, яка перевищує допустимий ризик.

Електропроводка – сукупність проводів і кабелів з кріпленнями, деталями монтажу та захисту, які прокладено на поверхні чи всередині конструктивних елементів споруд.

Електроустановка – комплекс взаємопов'язаних устаткування і споруд, призначених для виробництва або перетворення, передачі, розподілу чи споживання електричної енергії.

Електрощитове приміщення – приміщення або його частина, доступна тільки для кваліфікованого обслуговуючого персоналу, де встановлюються ГРЩ, ВРП, ВП та інші розподільні пристрої.

ЕС – електрична станція.

Заземлювач – провідник (електрод) або сукупність гальванічне об'єднаних між собою провідників (електродів), розташованих в землі, які утворюють електричне з'єднання з землею.

Заземлювальний пристрій – сукупність електрично з'єднаних між собою заземлювача і заземлювальних провідників, включаючи елементи їх з'єднання.

Захисне заземлення – заземлення доступних струмопровідних частин електроустановки з метою забезпечення електробезпеки.

"Земля" – земельний ґрунт, який проводить струм і потенціал будь-якої його точки (ґрунту) приймають умовно рівним нулю.

Ізольована нейтраль – нейтраль генератора або трансформатора, не приєднана до заземлювального пристрою або приєднана до нього через великий опір приладів сигналізації, вимірювання та інших подібних до них пристроїв, наявність яких практично не впливає на струм замикання на землю.

Квартирний щиток – груповий щиток, установлений у квартирі і призначений для приєднання мережі, від якої живляться світильники, штепсельні розетки та стаціонарні електроприймачі квартири.

КЗ – коротке замикання.

Компенсована нейтраль – нейтраль генератора або трансформатора, приєднана до заземлювального пристрою через дугогасні реактори для компенсації ємнісного струму в мережі під час однофазних замикань на землю.

КТП – комплектна трансформаторна підстанція.

КТПММ – комплектна трансформаторна підстанція міських мереж.

ЛЕП – лінія електропередачі.

Мережа живлення – мережа від розподільного пристрою підстанції або відгалудження повітряних ЛЕП до ВП, ВРП, ГРЩ.

НН – низька напруга.

ПГВ – підстанція глибокого вводу.

ПЗВ – пристрій захисного вимкнення. Пристрій, який вимикає ланку мережі, якщо в ній протікає незначний струм відносно "землі" (струм витоку).

Поверховий розподільний щиток – щиток, установлений на поверхах житлових (громадських) будинків і призначений для живлення квартир або квартирних щитків (електроприймачів, розташованих на цьому поверху).

ПРА – пуско-регулюючий апарат.

Пристрій заземлення – сукупність заземлювача та провідників заземлення.

ПС – підстанція.

ПУЕ – правила улаштування електроустановок (рос. ПУЭ – правила устройства электроустановок).

Реактивна потужність – складова повної потужності, яка залежно від параметрів, схеми та режиму роботи електричної мережі спричиняє додаткові технологічні втрати активної електричної енергії та впливає на показники якості електричної енергії.

Розподільна мережа – мережа від ВП, ВРП, ГРЩ до розподільних пристроїв та щитків.

РП – розподільний пристрій.

РЩ – розподільний щиток.

СБГЕ – система безперебійного гарантованого електропостачання – сукупність організаційно-технічних заходів, які дають змогу у випадках вимкнення основних джерел енергопостачання здійснювати його за допомогою аварійних (резервних) джерел зовнішнього електропостачання або генераторів на час, обмежений тільки запасами палива.

Споживач електричної енергії – юридична або фізична особа, що використовує електричну енергію для забезпечення потреб власних електроустановок на підставі договору.

Споживачі населеного пункту – населення, електроустановки якого приєднані до технологічних електричних мереж населеного пункту та яке розраховується за використану електричну енергію.

ТП – трансформаторна підстанція. Електроустановка, що призначена для перетворення (підвищення або пониження) напруги в мережі змінного струму і розподілу електроенергії і складається з силових трансформаторів, розподільного пристрою, пристрою автоматичного управління і захисту, а так само допоміжних споруд.

ТЕЦ – тепло-електроцентрально.

ТЕС – теплоелектростанція.

РП – розподільний пункт (пристрій) – пристрій, у якому установлені апарати захисту і комутаційні апарати (або тільки апарати захисту) для окремих електроприймачів або їх груп (електродвигунів, групових щитків).

РП ВН – розподільний пункт високої напруги.

РП НН – розподільний пристрій низької напруги.

РШНН – розподільна шина низької напруги.

ЦЖ – центр живлення

L-провідник – фазний провідник

N-провідник – нульовий робочий провідник, що використовується для живлення приймачів електричної енергії та з'єднання одного з їх виводів з заземленою нейтраллю електроустановки.

РЕ-провідник – нульовий захисний провідник, що з'єднує занулені частини з глухозаземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трифазного струму, з глухозаземленим виводом джерела однофазного струму, з глухозаземленою середньою точкою джерела у мережах постійного струму.

PEN-провідник – суміщений нульовий робочий та захисний провідник, що сполучає функції цих провідників.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

АВР 54, 66

Автоматичний вимикач 94, 97

Арматура освітлювальна 26

В

Ввідно-розподільний пристрій 65

Ввідно-розподільна шафа 108

Втрати:

напруги 84, 85

у трансформаторах 88

Г

Гарантоване живлення 80

Головний розподільний щит 108

Глибокий ввід 51

Д

Джерело живлення 14:

незалежне 14, 51

З

Заземлення 123, 128

Запобіжник 92

Е

Електрична мережа 8

Електрична підстанція 7

Електрична станція 7

Електрична установка 7

Електроенергетична система 8

Електронагрівальний прилад 18

Електроприймачі 7:

квартир 18

розподільна 10, 55, 75

загальнобудинкові 19

силові 20

Електроспоживач 7

К

Категорія електроприймачів 14

Кількість електроприймачів

ефективна 32

Коефіцієнт:

одночасності 39

попиту 40, 44

потужності 40, 47

Л

Лампа:

газорозрядна 25

люмінісцентна 25

розжарювання 25

ртутна 26

Лінія :

групова освітлення 76

електропередачі 11

живлення 67, 74

М

Метод:

питомої потужності 28

Мережа:

багатопроменева 57

групова квартирна 67, 116

внутрішня розподільна 61

двопроменева 56

живлення 10, 115

петльова 55, 59

розподільна 0,4 кВ 58

Н

Навантаження:

житлових будинків 36
громадських будинків 43
розрахункове лінії живлення
38, 45, 48
середнє 31
силових електроприймачів 40

П

Приймач електричної енергії 7

Потужність:

встановлена 31
максимальна 33, 35
номінальна 21
розрахункова 33, 35
максимальна 33, 35

Р

Районна електрична мережа 13

Районна підстанція 10

Режим роботи:

аварійний перехідний 23
короткочасний 21
короткого замикання 90
нормальний сталий 23
нормальний перехідний 23

післяаварійний сталий 23

повторно-короткочасний 21

сталий (тривалий) 22

Розподільний пункт 10, 51, 106,
113

Розподільна шафа 110

Розподільний щит 113

С

Світильник 26

Система електропостачання 8,
50

Струм:

зрушення 96
номінальний плавкої вставки
86
розрахунковий 84

Т

Трансформатор розділовий 131

Трансформаторна підстанція 7,
78:

блочно-модульна ТП 103
кіоскового типу 104
комплектна ТП 103, 107

Ц

Центр живлення 10

ДОДАТКИ

Додаток 1

Таблиця Д1.1 – Допустимі тривалі струмові навантаження проводів

Марка провода	Струмові навантаження, А		Марка провода	Струмові навантаження, А	
	Зовні приміщень	Усередині приміщень		Зовні приміщень	Усередині приміщень
A-16	105	75	АС-10	80	50
A-25	135	105	АС-16	105	75
A-35	170	130	АС-25	130	100
A-50	215	165	АС-35	175	135
A-70	265	210	АС-50	210	165
A-95	320	255	АС-70	265	210
A-120	375	300	АС-95	330	260
A-150	440	365	АС-120	380	305
A-185	500	410	АС-150	445	365
A-240	590	490	АС-185	510	425
A-300	680	570	АС-240	610	505

Примітки. У позначенні марки проводу АС-240: А - алюмінієві проводу, АС - сталеві алюмінієві проводу. (допустиме нагрівання +70 °С при температурі повітря +25: 240 - число вказує номінальний перетин проводу, мм² .

Таблиця Д1.2 – Допустимі тривалі струмові навантаження на алюмінієві проводу з гумовою і поліхлорвініловою ізоляцією на напругу 500 і 2000 В (допустиме нагрівання +65 °С при температурі повітря +25 °С)

Перетин струмопроводної жили, мм ²	Струмові навантаження, А					
	провода, прокладені відкрито	провода, прокладені в одній трубі				
		два одножильних	три одножильних	чотири одножильних	один двожильний	Один трижильний
2,5	24	20	19	19	19	16
4	32	28	28	23	25	21
6	39	36	32	30	31	26
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135

Таблиця Д1.3 – Довгостроково допустимі струмові навантаження для броньованих кабелів на напругу до 660 В марок ВВБ - з мідними жилами й АВВБ - з алюмінієвими жилами в полівінілхлоридній ізоляції й у полівінілхлоридній оболонці при одиночній прокладці у повітрі

Переріз жили, мм ²	Довгочасно допустиме навантаження, А			
	Кабелі ВВБ		Кабелі АВВБ	
	двожильні	три і чотирижильні	двожильні	три і чотирижильні
1,5	20	20	-	-
2,5	29	27	22	22
4	37	34	28	26
6	51	43	39	33
10	76	60	60	46
16	93	78	70	60
25	127	105	96	80
35	154	132	118	101
50	196	161	152	124
70	-	201	-	156
95	-	238	-	183

Таблиця Д1.4 – Активний опір голих алюмінієвих і мідних проводів

Алюмінієві провoda		Мідні провoda	
Перетин, мм ²	R ₀ , Ом/км	Перетин, мм ²	R ₀ , Ом/км
25	1,28	10	1,84
35	0,92	16	1,2
50	0,64	25	0,74
70	0,46		

Таблиця Д.1.5 – Економічна щільність струму

Провідники	Економічна щільність струму, А/мм ² при числі годин використання максимуму навантаження за рік		
	більше 1000 до 3000	більше 3000 до 5000	більше 5000
Неізольовані провoda і шини:			
мідні	2,5	2,1	1,8
алюмінієві	1,3	1,1	1,0
Кабелі з бумажною і провoda з гумовою і полівінілхлоридною ізоляцією з жилами:			
мідними	3,0	2,5	2,0
алюмінієвими	1,6	1,4	1,2
Кабелі з резиновою і пластмасовою ізоляцією з жилами: мідними	3,5	3,1	2,7
алюмінієвими	1,9	1,7	1,6

Таблиця Д.2.1 – Орієнтовні питомі розрахункові електричні навантаження будинків та споруд (приміщень) громадського призначення

Об'єкти масового будівництва	Одиниця вимірювання	Питоме навантаження	Розрахункові коефіцієнти	
			потужності (cos φ)	реактив. навантаження (tg φ)
Підприємства громадського харчування:				
а) повністю електрифіковані з кількістю посадочних місць до 500 включно	кВт на місце	1,03	0,98	0,20
б) і кількістю місць понад 500 до 1000 включ.		0,85	0,98	0,20
в) з кількістю місць понад 1000		0,75	0,98	0,20
г) частково електрифіковані (з плитами на газоподібному паливі) з кількістю місць до 500 включно		0,80	0,95	0,33
д) з кількістю місць понад 500 до 1000 включ.		0,70	0,95	0,33
е) з кількістю місць понад 1000		0,60	0,95	0,33
Підприємства роздрібної торгівлі:				
а) продовольчі без кондиціонування повітря	кВт на м ² торгової зали	0,23	0,85	0,62
б) продовольчі з кондиціонуванням повітря		0,25	0,80	0,75
в) промтоварні без кондиціонування повітря		0,14	0,85	0,62
г) промтоварні з кондиціонуванням повітря		0,15	0,80	0,75
д) універсами без кондиціонування повітря		0,15	0,87	0,57
е) універсами з кондиціонуванням повітря		0,20	0,85	0,62
Загальноосвітні школи:				
а) з електрифікованими їдальнями та спортзалами	кВт на одного учня	0,25	0,95	0,33
б) без електрифікованих їдалень, із спортзалами		0,17	0,90	0,48
в) з буфетами, без спортзалів		0,17	0,90	0,48
г) без буфетів і спортзалів		0,15	0,90	0,48
Професійно-технічні навчальні заклади з їдальнями	кВт на одного учня	0,45	0,8-0,92	0,75-0,48
Дитячі дошкільні заклади:				
а) з електрифікованими харчоблоками	кВт на місце	0,45	0,98	0,20
б) з газовими плитами		0,20		
Школи-інтернати	кВт на місце	1,10	0,95	0,33
Будинки-інтернати для інвалідів та людей похилого віку	кВт на місце	2,20	0,93	0,40

Продовження табл. Д.2.1

Об'єкти масового будівництва	Одиниця вимірювання	Питоме навантаження	Розрахункові коефіцієнти	
			потужності (cos φ)	реактив. навантаження (tg φ)
Заклади охорони здоров'я і відпочинку:				
а) лікарні хірургічного профілю з електрифікованими харчоблоками	кВт на ліжко-місце	2,50	0,92	0,43
б) хірургічні корпуси (без харчоблоків)		0,80	0,95	0,33
в) лікарні багатoproфільні з електрифікованими харчоблоками		2,20	0,93	0,40
г) терапевтичні корпуси (без харчоблоків)		0,50	0,95	0,33
д) радіологічні корпуси (без харчоблоків)		0,70	0,95	0,33
е) лікарні дитячі з електрифікованими харчоблоками		2,00	0,93	0,40
ж) терапевтичні корпуси дитячих лікарень (без харчоблоків)		0,40	0,95	0,33
Будинки відпочинку і пансіонати без кондиціонування повітря	кВт на місце	0,40	0,92	0,43
Дитячі табори	кВт на м ² житл. приміщ	0,03	0,92	0,43
Поліклініки	кВт на відвід. за зміну	0,15	0,92	0,43
Аптеки:	кВт на м ² торг. зали			
а) без приготування ліків		0,12	0,93	0,40
б) з приготуванням ліків		0,17	0,90	0,48
Кінотеатри та кіноконцертні зали:	кВт на місце			
а) з кондиціонуванням повітря		0,15	0,92	0,43
б) без кондиціонування повітря		0,12	0,95	0,33
Театри та цирки	кВт на місце	0,35	0,90	0,48
Палаці культури, клуби	кВт на місце	0,45	0,92	0,43
Готелі (без ресторанів):	кВт на місце			
а) з кондиціонуванням повітря		0,50	0,85	0,62
б) без кондиціонування повітря		0,35	0,85	0,62
Фабрики хімчистки та пральні самообслуговування	кВт/кг речей	0,08	0,75	0,88
Комбінати побутового обслуговування населення	кВт на роб. місце	0,60	0,85	0,62
Перукарні	кВт на роб. місце	1,45	0,97	0,25

Об'єкти масового будівництва	Одиниця вимірювання	Питоме навантаження	Розрахункові коефіцієнти	
			потужності (cos φ)	реактив. навантаження (tg φ)
Гуртожитки: а) з електроплитами на кухнях б) без електроплит па кухнях	кВт на місце	0,50 0,20	0,95 0,93	0,33 0,40
Будівлі (приміщення) для науково-дослідних установ, проектних, управлінських, громадських організацій та культових закладів, адміністративні будинки підприємств а) з кондиціонуванням повітря б) без кондиціонування повітря	кВт на м ² корисної площі	0,055 0,04	0,85 0,90	0,62 0,48
Навчальні корпуси вищих, середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень): а) з кондиціонуванням повітря б) без кондиціонування повітря	кВт на м ² корисної площі	0,05 0,035	0,90 0,92	0,48 0,43
Лабораторні корпуси вищих і середніх спеціальних навчальних закладів (без їдалень): а) з кондиціонуванням повітря б) без кондиціонування повітря	кВт на м ² корисної площі	0,07 0,055	0,85 0,87	0,62 0,57
Гаражі (стоянки) індивідуального автотранспорту: а) стаціонарні відкриті стоянки б) закриті гаражі-бокси в) закриті багатоповерхові та підземні гаражі	кВт на місце	0,05 0,12 0,22	0,90 0,90 0,87	0,48 0,48 0,57

Примітка 1. Наведені питомі електричні навантаження призначаються для орієнтовного (попереднього) визначення розрахункового навантаження на вводах до ординарних об'єктів (будівель, приміщень) і враховують усереднений комплекс установлюваних електроприймачів (включаючи комп'ютерну техніку).

Примітка 2. Для підприємств громадського харчування питоме навантаження не залежить від наявності кондиціонерів повітря.

Примітка 3. Для професійних навчальних закладів з їдальнями та дитячих дошкільних закладів навантаження басейнів і спортивних залів не враховані.

Примітка 4. Для будинків відпочинку і пансіонатів без кондиціонування повітря, дитячих таборів, готелів (без ресторанів), будівель (приміщень) для науково-дослідних установ, проектних, управлінських, громадських організацій, культових споруд, адміністративних будинків підприємств навантаження їдалень закритого типу та ресторанів не враховано. При потребі його слід визначати за питомими показниками підприємств громадського харчування за заданою кількістю місць.

Примітка 5. Для побутових будинків підприємств використовують зафіксовані в таблиці показники відповідних за призначенням громадських будинків.

Таблиця Д3.1 – Основні показники уніфікованих підстанцій міського типу

Тип ТП	Число й потужність трансформаторів, кВА	Площа забудови, м ²	Будівельний об'єм, м ³
В-21-160 м4	1 х (100-160)	17,3	125,7
В-41-400 м4	1 х (100-400)	14,3	148,6
В-42-400 м4	2 х (100-400)	30,03	463,0
К-31-400 м4	1 х (100-400)	32,2	127,5
К-31-630 м4	1 х 630	37,7	150,8
К-42-400 м4	2 х (100-400)	51,94	201,5
К-42-630 м4	2 х 630	64,25	243,4
КСК-42-630 м4	2 х 630	83,60	324,3

Таблиця Д3.2 – Комплектні трансформаторні підстанції

Тип	Потужність, кВА	Напруга, кВ		Габаритні розміри, м	Маса, кг
		ВН	НН		
КТПН-62-320/180К	160-320	6-10	0,4	2,3 х 3,3 х 2,7	2000
КТПН-62-320/180В	160-320	6-10	0,4	2,1 х 3,2 х 5,1	2300
КТПН-62-320/180У	160-320	6-10	0,4	2,3 х 3,3 х 5,1	2400
КТПН-62-630-К	630	6-10	0,4	2,3 х 3,3 х 2,7	2400
КТПН-62-630-В	630	6-10	0,4	2,1 х 3,2 х 5,1	2700
КТПН-62-630-У	630	6-10	0,4	2,3 х 3,3 х 5,1	2800
КТПН-72М1-160-К	160	6-10	0,4	2,4 х 2,6 х 2,7	1800
КТПН-72М1-250-К	250	6-10	0,4	2,4 х 2,6 х 2,7	1850
КТПН-72М1-400-К	400	6-10	0,4	2,4 х 2,6 х 2,7	1900

Примітка: в типі КТПН остання буква вказує на вид підключення до мережі: К - кабельний; В – повітряний (рос. – воздушный); У – універсальний.

Таблиця Д4.1 – Номінальні струми автоматичних вимикачів серії АЕ

Тип вимикача	Номінальний струм вимикача, А	Номінальний струм максимальних розчеплювачів, А
АЕ2020	16	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0
АЕ2040М	63	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40; 50; 63
АЕ2050М	100	100; 125;
АЕ2060	160	16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160

Таблиця Д4.2. – Комутаційна здатність вимикачів АЕ20 і АЕ20М

Тип вимикача	Ступінь захисту	Номінальний струм вимикача, А	Номінальний струм розчеплювача, А	Максимальна комутаційна здатність, кА	Одноразова максимальна комутаційна здатність, кА
АЕ2020	IP00	16	0,3 – 1,6	4	12
	IP20		2,0 – 6,0	1	12
АЕ2040М	IP20	63	8,0 – 16,0	2	4
	IP00		0,6 – 1,6	5	6,5
	IP20		2 – 12,5	1,5	6,5
	IP54		0,6 - 4	0,8	6,5
АЕ2060	IP00	160	5 – 12,5	1,5	6,5
	IP00		15 - 64	4,5	6,5
	IP00		16 – 25	3,5	6
	IP20		31,5 – 40	6	6
	IP20		50 – 100	9	15
			125 – 160	11,5	17

Примітка: Вимикачі АЕ20 і АЕ20М випускають одно- і триполюсними на напругу до 660 В змінного струму частотою 50 і 60 Гц.

Таблиця Д.4.3. Технічні характеристики вимикачів серії ВА-2004

Тип вимикача	ВА-2004 /30	ВА-2004 /50	ВА-2004 /60	ВА-2004 /100	ВА-2004 /250	ВА-2004 /400	ВА-2004 /630	ВА-2004 /800
U _н , В	660							
Кіль-ть полюсів	3			3, 4				
I _н , А	10, 15, 20 30	10, 20, 30, 40, 50	40, 50, 60, 75	100, 125, 150	200, 225, 250	350, 400	600, 630, 700	800
Комут-на зносостій-кість, циклів	15000	12000	12000	12000	10000	8000	5000	4000
Гранична комутаційна здатність, I _{тах} , кА								
АС240В	25	25	25	50	50	85	85	85
АС380В	18	18	18	35	35	50	50	50
АС660В	5	5	5	10	10	25	25	25

Таблиця Д.4.4 – Технічні характеристики вимикачів ВА-2005

Тип вимикача	Комутаційна здатність, кА* при 220 В	Стандартні потужності трифазних електродвигунів (f=50/60Гц), кВт			Діапазон тепл. відключення розчеплювачів, А	Струм електромагн. циклів, А при $\lambda=\pm 20\%$	Зносостійкість при 220 В
		220 В	380 В	660 В			
ВА-2005 М01	6,0	0,02	0,04	-	0,1.....0,16	1,5	15000
ВА-2005 М02	6,0	0,029	0,06	-	0,16.....0,25	2,4	15000
ВА-2005 М03	6,0	0,043	0,09	-	0,25.....0,40	5,0	15000
ВА-2005 М04	6,0	0,05	0,12	0,37	0,40.....0,63	8,0	15000
ВА-2005 М05	6,0	0,12	0,25	0,55	0,63.....1,0	13,0	15000
ВА-2005 М06	6,0	0,27	0,56	0,75	1,0.....1,6	22,5	12000
ВА-2005 М07	6,0	0,37	0,75	1,5	1,6.....2,5	33,5	12000
ВА-2005 М08	6,0	0,75	1,1	2,2	2,5.....4,0	51,0	12000
ВА-2005 М10	6,0	1,1	2,2	4,0	4,0.....6,3	78,0	10000
ВА-2005 М14	6,0	2,2	3,0	5,5	6,0.....10,0	138,0	10000
ВА-2005 М16	8,0	3,0	5,5	9,0	9,0.....14,0	170,0	9000
ВА-2005 М20	8,0	4,0	7,5	15,0	13,0.....18,0	223,0	8000
ВА-2005 М21	10,0	5,5	9,0	18,5	17,0.....23,0	327,0	6000
ВА-2005 М22	10,0	5,5	11,0	20,0	20,0.....25,0	327,0	5000
ВА-2005 М32	12,0	7,5	15,0	22,0	24,0.....32,0	416,0	4500
ВА-2005 М40	12,0	11,0	18,5	33,0	30,0.....40,0	520,0	4500
ВА-2005 М63	12,0	15,0	30,0	55,0	45,0.....63,0	787,0	4000
ВА-2005 М80	12,0	22,0	40,0	63,0	67,0.....75,0	1000,0	3500

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

АЧКАСОВ Анатолій Єгорович
ЛУШКІН Володимир Андрійович
ОХРІМЕНКО Вячеслав Миколайович
КУЗНЄЦОВ Анатолій Іванович
ВОРОНКОВА Тетяна Борисівна

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ У БУДІВНИЦТВІ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Редактор *О. С. Кравцова*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

Дизайн-обкладинки *В. М. Охріменко*

Підп. до друку 11.01.2011
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 8,4
Тираж 500 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011р.